



Universidad Austral de Chile

Escuela de Ingeniería Civil Industrial  
Sede Puerto Montt

**PROFESOR GUÍA:**  
**ING. MARCOS A. GONZÁLEZ MARÍN**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL**

**“Propuesta de mejora de costos operacionales de la línea de lodos en  
la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Puerto Varas-  
Llanquihue para la Empresa de Servicios Sanitarios de Los Lagos S.A.  
(ESSAL)”**

Trabajo de Titulación  
para optar  
al título de **Ingeniero Civil Industrial**

**ANDRÉS ALEJANDRO RAMÍREZ POBLETE**

**PUERTO MONTT – CHILE**  
**2016**

## DEDICATORIA

---

*A mis padres, Sergio y Gloria,  
por brindarme todo el amor, los consejos  
y las herramientas para ser quien soy hoy.*

*A mi hermano, Sergio,  
por ser mi amigo y apoyo  
en tantos momentos habidos y por haber.*

*A mi abuela, Yolanda,  
que siempre quiso verme llegando a ser profesional,  
ahora éste logro es para ella.*

*A las personas que fueron parte de ésta carrera profesional,  
amigos, compañeros y conocidos,  
que hicieron que hoy sea éste mi presente.*

## AGRADECIMIENTOS

---

Agradezco ampliamente a Daniel Ramírez, por la oportunidad otorgada, la paciencia y buena disposición a lo largo del periodo de trabajo. El constante apoyo hizo posible la culminación de éste trabajo de titulación.

A la Empresa de Servicios Sanitarios de Los Lagos S.A. por la disposición y buena acogida en sus instalaciones, el trato honesto y respetuoso, y la oportunidad de realizar éste trabajo a partir del suyo.

Agradezco a mi familia, y en especial a mi padre, Sergio, por haber sido el motor de arranque y un gran apoyo en el desarrollo de éste proyecto.

A mis amigos, por su apoyo incondicional.

Y a mis profesores, por confiar en mis capacidades y enseñarme con vocación.

## SUMARIO

---

En este proyecto se desarrolló una propuesta de mejora de costos operacionales en la línea de lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas de Puerto Varas-Llanquihue, de la Empresa de Servicios Sanitarios de Los Lagos (ESSAL S.A.), mediante un análisis técnico y económico de la planta.

Primero, se realizó un diagnóstico de la línea de lodos, mediante un levantamiento de procesos que está compuesto por la diagramación del proceso de tratamiento y el análisis de bases de datos de la empresa, para así identificar el nivel operativo de la planta y posteriormente definir puntos críticos del proceso. Esto se llevó a cabo a través de la evaluación del equipamiento utilizado actualmente en la línea de lodos, considerando aspectos técnicos y económicos, para medir el impacto que poseen estos equipamientos en el proceso.

Posteriormente se realizó una evaluación técnica de potenciales alternativas de mejora tecnológicas para la línea de lodos, mediante el análisis de sus respectivas especificaciones técnicas, para medir el impacto que poseen estos equipamientos en el proceso en comparación con otras tecnologías existentes.

Luego, se realizó una evaluación económica de la línea de lodos, a través de un análisis incremental de alternativas de mejora tecnológicas y de las variables críticas en cuanto a costos operacionales, para tener una visión global de la situación económica.

Finalmente, se consideraron ambos análisis, técnico y económico para desarrollar una herramienta de toma de decisiones para la empresa, que incluye especificaciones técnicas y económicas. Dicha herramienta constituye una tabla, la cual permite la selección de la mejor alternativa tecnológica de inversión, generar una propuesta de mejora de costos y sirve de apoyo para la toma de decisiones de inversión en el mediano y largo plazo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

---

1. ANTECEDENTES GENERALES .....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Descripción de la Empresa .....	2
1.3 Planteamiento del Problema.....	3
1.4 Objetivo General .....	4
1.5 Objetivos Específicos.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Sistema de tratamiento de aguas servidas.....	6
2.1.1 Descripción del sistema.....	6
2.1.2 Descripción de línea de aguas servidas.....	10
2.1.3 Descripción de línea de lodos .....	10
2.1.4 Balance de masas .....	16
2.2 Mantenimiento de equipamientos.....	17
2.2.1 Justificación del mantenimiento.....	17
2.2.2 Ventajas del mantenimiento .....	17
2.2.3 Mantenimiento preventivo .....	18
a) Fichas de trabajo.....	18
b) Manuales de mantenimiento .....	19
c) Almacén.....	19
d) Evaluación .....	19
2.3 Evaluación económica del sistema.....	20
2.3.1 Indicadores económicos.....	20
2.3.2 Métodos de depreciación de equipamientos.....	20
2.3.3 Análisis Incremental.....	21
a) Valor de salvamento.....	22
b) Vida útil del activo.....	23
c) Alternativas múltiples excluyentes.....	24

d) Tasa de descuento .....	24
e) Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	25
f) La alternativa “Hacer Nada” .....	26
g) Procedimiento para realizar un análisis incremental .....	26
2.3.4 Tipos de costos asociados al sistema de tratamiento de aguas servidas .....	28
2.4 Decisiones estratégicas de operaciones .....	29
2.4.1 Reducción de costos .....	29
2.4.2 Riesgos de adoptar nuevas tecnologías .....	30
a) Riesgos tecnológicos.....	30
b) Riesgos para las operaciones .....	31
c) Riesgos para la organización .....	31
d) Riesgos para el ambiente o el mercado.....	31
3. DISEÑO METODOLÓGICO .....	33
3.1 Etapa 1: Diagnóstico de la línea de lodos .....	34
3.2 Etapa 2: Evaluación técnica de la línea de lodos .....	36
3.3 Etapa 3: Evaluación económica de la línea de lodos .....	38
3.4 Etapa 4: Desarrollo de herramienta de toma de decisiones.....	39
4 PRESENTACION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	42
4.1 Etapa 1: Diagnóstico de la línea de lodos .....	42
4.2 Etapa 2: Evaluación técnica de la línea de lodos .....	47
4.3 Etapa 3: Evaluación económica de la línea de lodos .....	56
4.4 Etapa 4: Desarrollo de herramienta de toma de decisiones.....	87
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
6 BIBLIOGRAFÍA.....	94
7 LINKOGRAFÍA .....	96
8 ANEXOS.....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura N° 1.1: Organigrama ESSAL 2016. ....	2
Figura N° 2.1: Esquema de una depuradora. ....	6
Figura N° 2.2: Planta de Pre-Tratamiento de Aguas Servidas ESSAL La Unión – Eliminación de Grasa y Arena. ....	7
Figura N° 2.3: Planta de Pre-Tratamiento de Aguas Servidas ESSAL La Unión – Piscina de Lodos Activados o Planta Bio-Orgánica.....	7
Figura N° 2.4: Planta de Pre-Tratamiento de Aguas Servidas ESSAL La Unión – Estanque Decantador. .	8
Figura N° 2.5: Centro de control de motores de la planta. (PTAS Los Muermos).....	9
Figura N° 2.6: Grupo generador de respaldo de energía para equipos. (PTAS Los Muermos).....	9
Figura N° 2.7: Estanque reactor (PTAS - Quellón) .....	11
Figura N° 2.8: Estanques sedimentadores de lodos (PTAS – Chaitén) .....	11
Figura N° 2.9: Equipos de bombeo para purga de lodos hacia el espesador. (PTAS – Los Muermos).....	11
Figura N° 2.10: Estanque y motor de espesador de lodos. (PTAS – La Unión).....	12
Figura N° 2.11: Bombas para recircular lodos desde espesador. (PTAS – Quellón).....	12
Figura N° 2.12: Equipo de preparación de polímero para adecuar lodo para deshidratado. (PTAS – Los Muermos) .....	13
Figura N° 2.13: Filtro de bandas para deshidratado de lodos. (PTAS – La Unión).....	14
Figura N° 2.14: Centrífuga, bomba de tornillo y mezcladora para encalado. (PTAS – Chaitén).....	14
Figura N° 2.15: Contenedor de lodos inertes o encalados. (PTAS – Lanco) .....	15
Figura N° 2.16: Proceso convencional de lodos activados acoplado con .....	15
Figura N° 2.17: Situaciones en las que sólo se presentan costos para el análisis económico. ....	22
Figura N° 2.18: Procedimiento para llevar a cabo un análisis incremental. ....	27
Figura N° 4.1: Espesador gravitacional PTAS Puerto Varas-Llanquihue. ....	44
Figura N° 4.2: Tolva dosificadora de cal viva PTAS Puerto Varas-Llanquihue. ....	45
Figura N° 4.3: Relación de costos operacionales anuales PTAS Puerto Varas-Llanquihue. ....	46
Figura N° 4.4: Relación de equipos y costos operacionales PTAS Puerto Varas-Llanquihue. ....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla N° 3.1: Diagrama Diseño Metodológico .....	33
Tabla N° 3.2: Tabla de registro de equipamientos.....	35
Tabla N° 3.3: Matriz comparativa de aspectos técnicos de alternativas de inversión .....	37
Tabla N° 3.4: Matriz comparativa de antecedentes por alternativa .....	40
Tabla N° 4.1: Diagrama de procesos línea de lodos PTAS Puerto Varas-Llanquihue .....	42
Tabla N° 4.2: Tabla de registro de equipamientos en línea de lodos .....	43
Tabla N° 4.3: Balance de masas línea de lodos PTAS.....	46
Tabla N° 4.4: Configuración Alternativa 1 .....	48
Tabla N° 4.5: Valores de diseño para Digestor Aerobio circular PTAS Puerto Varas-Llanquihue .....	48
Tabla N° 4.6: Configuración Alternativa 2 .....	49
Tabla N° 4.7: Especificaciones técnicas Decanter D4L – Centrífuga .....	49
Tabla N° 4.8: Lista de precios Andritz Chile Ltda. para Decanter D4L – Centrífuga .....	50
Tabla N° 4.9: Configuración Alternativa 3 .....	51
Tabla N° 4.10: Configuración Alternativa 4 .....	51
Tabla N° 4.11: Especificaciones técnicas Filtro Prensa APN16Q (TH Minerals) .....	51
Tabla N° 4.12: Lista de precios TH Minerals APN16Q – Filtro Prensa.....	52
Tabla N° 4.13: Configuración Alternativa 5 .....	53
Tabla N° 4.14: Configuración Alternativa 6 .....	53
Tabla N° 4.15: Especificaciones técnicas Prensa Tornillo ALDRUM G3 (Alfa Laval) .....	53
Tabla N° 4.16: Lista de precios Alfa Laval para ALDRUMG3 – Prensa Tornillo .....	54
Tabla N° 4.17: Configuración Alternativa 7 .....	55
Tabla N° 4.18: Tecnologías de deshidratación de fangos .....	55
Tabla N° 4.19: Rango de vida útil (en años) por tipo de activos.....	56
Tabla N° 4.20: Configuración de consideraciones especiales para la formulación del flujo de caja.....	57
Tabla N° 4.21: Cálculo de metros cúbicos de lodo producidos por cliente al año .....	58
Tabla N° 4.22: Cálculo del beneficio total anual de la línea de lodos de la planta .....	58
Tabla N° 4.23: Costos de adquisición de la alternativa 1 .....	59
Tabla N° 4.24: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 1 .....	60
Tabla N° 4.25: Cálculo consumo eléctrico alternativa 1 .....	60
Tabla N° 4.26: Consumo de químicos alternativa 1.....	61
Tabla N° 4.27: Costos de transporte alternativa 1 .....	61
Tabla N° 4.28: Costos de electricidad de la alternativa 1 .....	61
Tabla N° 4.29: Cálculo préstamo de la alternativa 1.....	61
Tabla N° 4.30: Cálculo de cuotas alternativa 1 .....	61
Tabla N° 4.31: Depreciación lineal componentes de la alternativa 1 .....	62
Tabla N° 4.32: Costos de adquisición de la alternativa 2 .....	62

Tabla N° 4.33: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 2 .....	64
Tabla N° 4.34: Cálculo consumo eléctrico alternativa 2 .....	64
Tabla N° 4.35: Consumo de químicos alternativa 2.....	65
Tabla N° 4.36: Costos de transporte alternativa 2 .....	65
Tabla N° 4.37: Costos de electricidad de la alternativa 2 .....	65
Tabla N° 4.38: Cálculo préstamo de la alternativa 2.....	65
Tabla N° 4.39: Cálculo de cuotas alternativa 2 .....	65
Tabla N° 4.40: Depreciación lineal componentes de la alternativa 2 .....	66
Tabla N° 4.41: Costos de adquisición de la alternativa 3 .....	66
Tabla N° 4.42: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 3 .....	67
Tabla N° 4.43: Cálculo consumo eléctrico alternativa 3 .....	68
Tabla N° 4.44: Consumo de químicos alternativa 3.....	68
Tabla N° 4.45: Costos de transporte alternativa 3 .....	68
Tabla N° 4.46: Costos de electricidad de la alternativa 3 .....	68
Tabla N° 4.47: Cálculo préstamo de la alternativa 3.....	69
Tabla N° 4.48: Cálculo de cuotas alternativa 3 .....	69
Tabla N° 4.49: Depreciación lineal componentes de la alternativa 3 .....	69
Tabla N° 4.50: Costos de adquisición de la alternativa 4 .....	70
Tabla N° 4.51: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 4 .....	71
Tabla N° 4.52: Cálculo consumo eléctrico alternativa 4 .....	71
Tabla N° 4.53: Consumo de químicos alternativa 4.....	72
Tabla N° 4.54: Costos de transporte alternativa 4 .....	72
Tabla N° 4.55: Costos de electricidad de la alternativa 4 .....	72
Tabla N° 4.56: Cálculo préstamo de la alternativa 4.....	72
Tabla N° 4.57: Cálculo de cuotas alternativa 4 .....	72
Tabla N° 4.58: Depreciación lineal componentes de la alternativa 4 .....	73
Tabla N° 4.59: Costos de adquisición de la alternativa 5 .....	73
Tabla N° 4.60: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 5 .....	75
Tabla N° 4.61: Cálculo consumo eléctrico alternativa 5 .....	75
Tabla N° 4.62: Consumo de químicos alternativa 5.....	76
Tabla N° 4.63: Costos de transporte alternativa 5 .....	76
Tabla N° 4.64: Costos de electricidad de la alternativa 5 .....	76
Tabla N° 4.65: Cálculo préstamo de la alternativa 5.....	76
Tabla N° 4.66: Cálculo de cuotas alternativa 5 .....	76
Tabla N° 4.67: Depreciación lineal componentes de la alternativa 5 .....	77
Tabla N° 4.68: Costos de adquisición de la alternativa 6 .....	77
Tabla N° 4.69: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 6 .....	79
Tabla N° 4.70: Cálculo consumo eléctrico alternativa 6 .....	79

Tabla N° 4.71: Consumo de químicos alternativa 6.....	80
Tabla N° 4.72: Costos de transporte alternativa 6 .....	80
Tabla N° 4.73: Costos de electricidad de la alternativa 6 .....	80
Tabla N° 4.74: Cálculo préstamo de la alternativa 6.....	80
Tabla N° 4.75: Cálculo de cuotas alternativa 6 .....	80
Tabla N° 4.76: Depreciación lineal componentes de la alternativa 6 .....	81
Tabla N° 4.77: Costos de adquisición de la alternativa 7 .....	81
Tabla N° 4.78: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 7 .....	83
Tabla N° 4.79: Cálculo consumo eléctrico alternativa 7 .....	83
Tabla N° 4.80: Consumo de químicos alternativa 7.....	84
Tabla N° 4.81: Costos de transporte alternativa 7 .....	84
Tabla N° 4.82: Costos de electricidad de la alternativa 7 .....	84
Tabla N° 4.83: Cálculo préstamo de la alternativa 7.....	84
Tabla N° 4.84: Cálculo de cuotas alternativa 7 .....	84
Tabla N° 4.85: Depreciación lineal componentes de la alternativa 7 .....	85
Tabla N° 4.86: Orden de alternativas según monto de inversión .....	85
Tabla N° 4.87: Registro comparativo de VAN por alternativas comparadas .....	86
Tabla N° 4.88: Fluctuación de costos de energía eléctrica por alternativa.....	86
Tabla N° 4.89: Fluctuación de costos de transporte por alternativa .....	87
Tabla N° 4.90: Matriz comparativa de antecedentes por alternativa .....	88

## ÍNDICE DE ANEXOS

---

- ANEXO A: Distribución de Costos en PTAS
- ANEXO B: Memorias de cálculo EDAR\_Llanquihue
- ANEXO C: Tarifa vigente ESSAL S.A. al 8 de enero de 1016
- ANEXO D: Cotización ESSAL S.A. de DECANter D4L – GEA Westfalia
- ANEXO E: Cotización ESSAL S.A. de Bomba Netzsch – MQI
- ANEXO F: Cotización ESSAL S.A. de Prensa Tornillo ALDRUMG3 – Alfa Laval
- ANEXO G: Glosario de equipamientos
- ANEXO H: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 1
- ANEXO I: Depreciación lineal componentes de la alternativa 1
- ANEXO J: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 2
- ANEXO K: Depreciación lineal componentes de la alternativa 2
- ANEXO L: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 3
- ANEXO M: Depreciación lineal componentes de la alternativa 3
- ANEXO N: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 4
- ANEXO O: Depreciación lineal componentes de la alternativa 4
- ANEXO P: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 5
- ANEXO Q: Depreciación lineal componentes de la alternativa 5
- ANEXO R: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 6
- ANEXO S: Depreciación lineal componentes de la alternativa 6
- ANEXO T: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 7
- ANEXO U: Depreciación lineal componentes de la alternativa 7

## 1. ANTECEDENTES GENERALES

### 1.1 Introducción

---

El tratamiento de aguas servidas nace como una necesidad de la comunidad de impedir la acumulación y estancamiento de dichas aguas, las cuales pueden generar gases malolientes y acumulación de microorganismos que afectan al medio ambiente, y por ende a la calidad de vida de las personas. Además, su disposición final a un curso receptor, ya sea un estero, río, lago o mar, pretende preservar la vida acuática, flora y fauna de estos cursos, según la normativa vigente.

La empresa de Servicios Sanitarios de Los Lagos S.A. (ESSAL S.A.) es la encargada del tratamiento de aguas servidas en la zona denominada “Zona Llanquihue”, la cual se compone de las localidades de Alerce, Calbuco, Chaitén, Fresia, Frutillar, Futaleufú, Llanquihue, Los Muermos, Maullín, Puerto Montt y Puerto Varas.

La empresa utiliza el método de lodos activados en la mayoría de las localidades, para realizar el tratamiento de las aguas servidas, el cual posee diferentes tipos de equipamientos, los cuales hacen compleja la labor de la toma de decisiones de inversión para el desarrollo óptimo de los procesos que la empresa maneja.

En los últimos años, nuestro país ha tenido un considerable aumento en la cobertura del tratamiento de aguas residuales, lo cual ha generado un desarrollo en el sector de las sanitarias, abarcando problemáticas tales como la salud pública, el medio ambiente, los vertidos industriales, entre otros.

Según Espinoza (2014) las transformaciones del sector fueron imponiendo importantes tareas que redundaron en las altas tasas de cobertura en agua potable y alcantarillado, que alcanzan a casi un 100% y a más de 96%, respectivamente. Tal vez la transformación más importante y e innovadora del sector, ha sido el saneamiento de las aguas servidas, materia en la que Chile exhibe estándares similares a los países más desarrollados, con una cobertura que alcanza 99,8 % a diciembre de 2012, referida a las aguas servidas recolectadas.

Sin embargo, la cobertura alcanzada en los últimos años supone nuevos desafíos en cuanto al uso de nuevas tecnologías y a la gestión de procesos dentro del tratamiento de aguas servidas, por lo que evaluar nuevas propuestas a dichos desafíos, supone una de las tareas más importantes del rubro en la actualidad.

Para esto, se presenta el desafío de proponer y evaluar alternativas tecnológicas dentro del proceso de tratamiento de aguas servidas, específicamente en la línea de lodos de la planta Puerto Varas-Llanquihue, de acuerdo a las características del proceso, lo que permitió conocer en mayor medida el comportamiento y relación de las variables de dichos costos asociados, como el consumo energético,

insumos químicos, transporte y disposición de lodos, mantención, gastos operativos, entre otros y lograr así una disminución de costos operacionales específicamente en la línea de lodos de la planta, generando un apoyo sustancial en la toma de decisiones de la empresa a mediano y largo plazo.

## 1.2 Descripción de la Empresa

La Empresa de Servicios Sanitarios de Los Lagos S.A. (ESSAL S.A.) es una empresa del rubro sanitario, que produce y distribuye agua potable, recolecta y trata las aguas servidas de los clientes que se encuentran dentro de su territorio operacional. Éste territorio se denomina también “Área de Concesión”, y corresponde al área geográfica en la que la empresa puede operar, de acuerdo a una autorización formal de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). (ESSAL S.A. 2015), entidad que además fiscaliza a las empresas sanitarias en el cumplimiento de todos los servicios dentro de su concesión (producción, distribución, recolección y tratamiento), de acuerdo a la normativa nacional vigente en el país.

Actualmente, el organigrama de la empresa (fig. N° 1.1) tiene la siguiente composición:

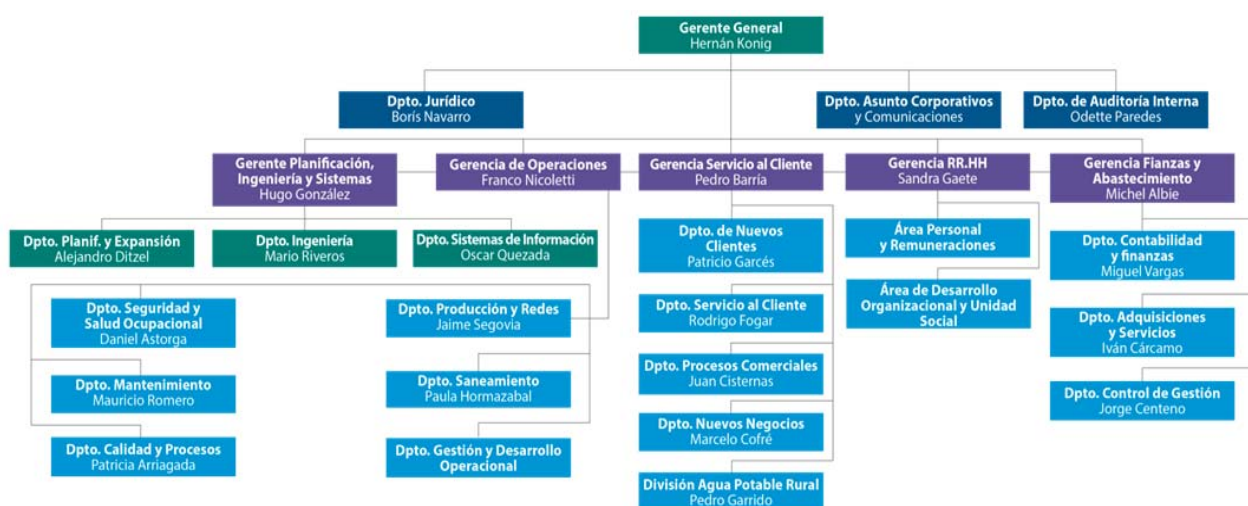


Figura N° 1.1: Organigrama ESSAL 2016.

Fuente: Dpto. de Comunicaciones ESSAL S.A. (2016)

ESSAL S.A. cuenta con un total de 33 oficinas comerciales distribuidas en 33 localidades, las cuales se dividen en 4 zonas.

Las zonas y sus respectivas ciudades son las siguientes:

- Zona Ranco: Corral, Futrono, Lanco, Lago Ranco, Los Lagos, La Unión, Máfil, Paillaco, Panguipulli, Río Bueno y San José.

- Zona Puyehue: Corte Alto, Osorno, Purranque, Río Negro y San Pablo.
- Zona Llanquihue: Alerce, Calbuco, Chaitén, Fresia, Frutillar, Futaleufú, Llanquihue, Los Muermos, Maullín, Puerto Montt y Puerto Varas.
- Zona Huillinco: Achao, Ancud, Castro, Chonchi, Dalcahue, Quellón.

ESSAL S.A. realiza un “Plan de Desarrollo”, cada 5 años, para cada una de las localidades en las que opera, lo que corresponde a una planificación de inversiones que va en directa relación con el crecimiento poblacional de las localidades y sus mayores necesidades de servicios, y debe ser aprobado por la SISS. Además, la empresa está envuelta en el desarrollo de tratamiento de Residuos Industriales Líquidos (RILES) y en asesoramiento técnico en Programas de Agua Potable Rural (A.P.R.), las cuales pertenecen a áreas no reguladas por tarifas monopólicas.

Dentro del tratamiento de RILES, ESSAL S.A. trabaja con personas naturales que requieren de servicios tales como: arriendo de equipos, desobstrucción de alcantarillado, venta y verificación de medidores, limpieza de fosas, entre otros. 85401.

Cabe destacar, que la empresa es de tipo monopólico, por lo que el Estado cumple un rol fundamental en la relación Prestador de Servicios – Clientes, actuando como ente regulador en cuanto a: Inversiones, Tarifas, Atención de Clientes, Territorio Operacional.

Como reflejo de esta regulación, existen, por un lado, el conjunto de disposiciones de carácter legal, como los Decretos Supremos, Simples Decretos, Dictámenes, Instructivos, etc., y por otro, el accionar de diversos organismos del Estado, entre los que se cuentan: la Superintendencia de Servicios Sanitarios, el Ministerio de Obras Públicas, el Servicio de Salud, el Ministerio de Economía, el Ministerio de Hacienda, la CORFO, el Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU), la Contraloría General de la República, entre otros.

### **1.3 Planteamiento del Problema**

---

Dentro del área de concesión de la empresa, se encuentra la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Puerto Varas-Llanquihue, la que desde el año 2002 a la fecha, se encarga de procesar las aguas residuales domiciliarias provenientes de dichas localidades, lo cual corresponde a una población de 98.427 habitantes (ESSAL S.A., 2016), para luego enviar el agua depurada de vuelta al efluente natural, el Río Maullín. Esta planta genera diariamente 6,4 kg/m<sup>3</sup> de lodos (ESSAL S.A., 2016), los cuales deben ser tratados para transformarse en lodos estabilizados o bien, ser dispuestos en terrenos especiales como abono en prados o en terrenos de cultivo.

Para llevar a cabo el de tratamiento de aguas servidas, se requiere el uso de ciertas tecnologías para la ejecución adecuada de las actividades del proceso, el cual está compuesto por la línea de agua potable y la línea de lodos. La primera tiene como objetivo depurar el agua del lodo, eliminando los residuos y posteriormente enviar el agua a un efluente natural. La línea de lodos tiene por objetivo estabilizar el lodo proveniente de las aguas residuales domiciliarias, mediante un tratamiento con maquinaria especializada, para finalmente ser depositado en terrenos especiales

El problema radica en la carencia de una metodología adecuada para la adquisición de los equipamientos propios del proceso, lo que desencadena en que no siempre se tomen las mejores decisiones. A raíz de esto, los costos operacionales de la línea de lodos ascienden a 66 millones de pesos anuales (ESSAL S.A., 2016) por conceptos de energía eléctrica, disposición de lodos e insumos químicos y mantención, sin embargo, la empresa cree que desarrollando un método que permita elegir adecuadamente la tecnología necesaria para llevar a cabo el proceso de tratamiento, considerando los aspectos técnicos y económicos pertinentes, los costos operacionales serían menores y el recurso económico sería utilizado de forma más eficiente.

Además de aumentar los costos, la incorrecta elección de un equipo lleva a que éste no se utilice de la mejor forma. Los equipos son utilizados hasta que dejan de funcionar, sin embargo, muchas veces el periodo de utilización es más largo que su vida útil, generando un aumento en los costos de operación que podría evitarse, ya que a medida que un equipo se deteriora con el paso del tiempo, disminuye su rendimiento. En ésta planta, ocurre ésta situación, sumándose al aumento de costos.

En este contexto, es necesario hacer las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los factores críticos en la línea de lodos de un proceso de tratamiento de aguas servidas?; ¿Es eficiente el equipamiento utilizado hoy en día en una línea de lodos?; ¿Se pueden disminuir los costos operacionales de una línea de lodos en un proceso de tratamiento de aguas servidas?

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados anteriormente, el desafío de este trabajo fue la elaboración de propuestas de mejora tecnológica que puedan, eventualmente, disminuir los costos operacionales de la empresa, y que sirvan además de apoyo a la toma de decisiones al mediano y largo plazo. La empresa tiene la disposición a dar respuesta a la problemática, principalmente permitiendo que este estudio se lleve a cabo, lo que implica un trabajo aplicado a la búsqueda de las mejores alternativas, y una inversión considerable en tiempo del personal de la empresa.

#### **1.4 Objetivo General**

---

Desarrollar Propuestas de Mejora Tecnológicas al proceso de operación en planta de tratamiento de aguas servidas, mediante un análisis técnico y económico, que permita mejorar la eficiencia y la productividad de la Empresa de Servicios Sanitarios de Los Lagos S.A. (ESSAL S.A.) y facilitar la toma de decisiones de inversión a mediano y largo plazo.

## 1.5 Objetivos Específicos

---

- Desarrollar un diagnóstico de la línea de lodos en la planta de tratamiento de aguas servidas de Puerto Varas-Llanquihue, a través de un levantamiento de procesos y de información, para identificar el nivel operativo y definir los puntos críticos del sistema en estudio.
- Evaluar el equipamiento utilizado actualmente y potenciales alternativas de mejora tecnológicas en la línea de lodos del proceso de tratamiento de aguas servidas, mediante el análisis de especificaciones técnicas, para medir el impacto que poseen estos equipamientos en el proceso en comparación con otras tecnologías existentes.
- Evaluar económicamente la línea de lodos, mediante un análisis incremental de alternativas de inversión y variables críticas, a fin de cuantificar cada una de las etapas del proceso y el uso actual de los equipamientos.
- Establecer una herramienta de toma de decisiones, a través de una tabla comparativa de alternativas que incluya aspectos técnicos y económicos, para facilitar la toma de decisiones de inversión a mediano y largo plazo.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Sistema de tratamiento de aguas servidas

Para llevar a cabo la investigación, fue preciso realizar un completo levantamiento de procesos respecto del sistema. Es por esto que una descripción íntegra del sistema de tratamiento de aguas servidas y sus componentes ayudarán a tener una visión global del proceso y un conocimiento base para el manejo de conceptos y posterior desarrollo del tema a tratar. Los principales autores de ésta sección son: Baca, G. (2012), Blank, L. (2012), Chase, R. (2009), Hernández, A. (1998), Noyola, A. (2013), Sullivan, W. (2004) y Von Sperling, M. (2012).

#### 2.1.1 Descripción del sistema

La depuración de las aguas servidas en plantas de tratamiento de lodos activos comienza, según Hernández (1998), con el pretratamiento, donde se realiza la sustracción de las partículas gruesas como: ramas, elementos inorgánicos (plásticos, papel higiénico, papel), restos de comida a través de tamices rotatorios. Luego el agua pasa a los canales desarenadores y desengrasadores, donde por efecto de densidad se retiran las grasas en la parte superior con rastras y en el fondo quedan las arenas, retirándose estas a través de bombas. Dicho proceso se ve reflejado en los puntos 1 y 2 de la Figura 2.1.

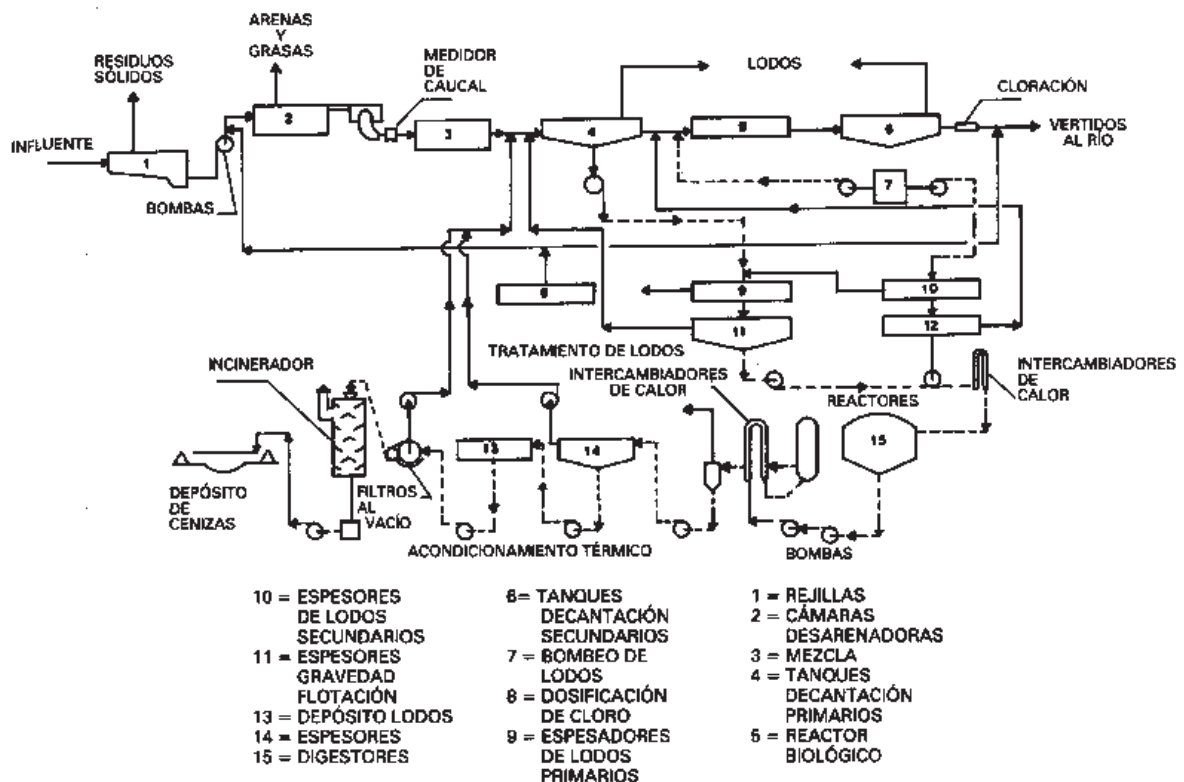


Figura N° 2.1: Esquema de una depuradora.

Fuente: Hernández A. (1998)

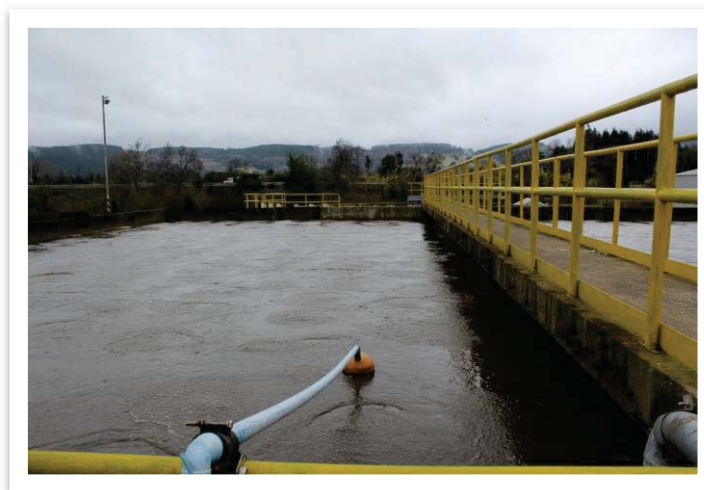
La eliminación de grasa y arena mencionadas anteriormente se presentan en la Figura 2.2.



**Figura N° 2.2: Planta de Pre-Tratamiento de Aguas Servidas ESSAL La Unión – Eliminación de Grasa y Arena.**

*Fuente: ESSAL S.A. (2015)*

La segunda etapa, como se presenta en la Figura 2.3 es el reactor biológico, el cual según Von Sperling (2012) funciona por la acción de bacterias, y que al degradar la materia orgánica aumentan su tamaño y peso. Estas bacterias son aeróbicas y necesitan oxígeno para respirar; por lo que se le añade aire por medio de sopladores. Estos funcionan, según Hernández (1998), cuando el nivel de oxígeno baja de los 0,5 mg/l y dejan de funcionar a los 2 mg/l.



**Figura N° 2.3: Planta de Pre-Tratamiento de Aguas Servidas ESSAL La Unión – Piscina de Lodos Activados o Planta Bio-Orgánica.**

*Fuente: ESSAL S.A. (2015)*

La tercera etapa es, según Hernández (1998), la decantación del lodo al fondo del estanque. Como se aprecia en la Figura 2.4, los decantadores tienen forma cónica para que sea más eficiente la remoción del lodo, y para que éste pueda desplazarse con facilidad hacia una poceta de salida central de fondo. El agua (depurada) sale por los costados del decantador, libre de lodo. Finalmente, el agua se desinfecta a través de radiación ultravioleta, evitando que las bacterias, virus, hongos y otros microorganismos se puedan reproducir en el ecosistema exterior, que puede ser un río, estero o riachuelo.



**Figura N° 2.4: Planta de Pre-Tratamiento de Aguas Servidas ESSAL La Unión – Estanque Decantador.**

*Fuente: ESSAL S.A. (2015)*

El lodo que se ha acumulado en el decantador es conducido a un estanque espesador mediante un sistema de cañerías y planta elevadora (equipos de bombeo). Este lodo necesita, según Von Sperling (2012), ser estabilizado, y para ello, el espesador permite darle primero una mayor consistencia; luego, se espesa para sacar la mayor cantidad de agua, gravitacionalmente; posteriormente, se traslada mediante equipo de bombeo hacia el deshidratado, que ocurre en un equipo llamado filtro de bandas. Previo a ello, al material se le agrega polielectrolito, que ayuda a mejorar la operación del filtro y sacar la mayor cantidad posible de agua al lodo. Luego de su paso por el filtro de bandas, y nuevamente mediante una serie de equipos de tornillo se lleva el lodo a un equipo espesador de cal, se le agrega cal viva y se mezcla con el lodo. La finalidad del proceso es que el lodo pueda ser transportado a un botadero en forma inerte, vale decir, no tenga microorganismos ni bacterias vivos y se elimine cualquier vestigio de olores.

Es importante mencionar además dos aspectos fundamentales de las plantas de tratamiento de aguas servidas. El primero, según Hernández (1998), es el centro de control de motores de la planta, el cual es el encargado del funcionamiento de la planta, y opera de forma automática, pero con revisiones periódicas por parte del operador. En caso de que ocurra algún imprevisto, el operador tiene la facultad de acceder manualmente a un tablero, tal como el de la Figura 2.5 y controlar irregularidades. A nivel local, los equipos también poseen botones de emergencia para el cese de sus funciones.



**Figura N° 2.5: Centro de control de motores de la planta. (PTAS Los Muermos)**

*Fuente: Departamento de Ingeniería (ESSAL S.A., 2016)*

El segundo, según Von Sperling (2012), es el grupo generador de energía para equipos, el cual se puede observar en la Figura 2.6. Su importancia radica en el respaldo energético para la planta en caso de imprevistos.



**Figura N° 2.6: Grupo generador de respaldo de energía para equipos. (PTAS Los Muermos)**

*Fuente: Departamento de Ingeniería (ESSAL S.A., 2016)*

### **2.1.2 Descripción de línea de aguas servidas**

El tratamiento de las aguas servidas es usualmente clasificado a través de los siguientes niveles: Preliminar, Primario, Secundario y Terciario (en algunos casos).

Según Von Sperling (2012), el tratamiento preliminar tiene como objetivo la remoción de los sólidos de mayor tamaño, mientras que el tratamiento primario está enfocado a la remoción de sólidos sedimentables y, en consecuencia, parte de la materia orgánica. En ambos predominan los mecanismos físicos de remoción de contaminantes. En el tratamiento secundario, en el cual predominan mecanismos biológicos, el objetivo es principalmente la remoción de materia orgánica y eventualmente nutrientes (nitrógeno y fósforo). El tratamiento terciario pretende la remoción de contaminantes específicos (usualmente tóxicos o compuestos no biodegradables) o aún, la remoción complementaria de contaminantes no suficientemente removidos en el tratamiento secundario.

En adición a ésta definición, Hernández (1998) señala que existen otras opciones para el tratamiento, como el acondicionamiento térmico del lodo y la incineración. El acondicionamiento térmico del lodo utiliza temperaturas altas, vapor de aire y vapor vivo para condicionar el lodo antes de ser sometido a la filtración al vacío. El calor y la presión liberan el agua de la estructura celular del lodo, lo cual permite que las partículas de lodo puedan ser desecadas eficazmente en los filtros banda o prensa, sin hacer uso de agentes químicos coagulantes.

En el proceso de Incineración, la cinta transportadora que lleva la galleta de lodos, posee un mecanismo especial que, según Hernández (1998), pesa y totaliza la cantidad de lodo, que se descarga en la parte superior del incinerador. En este incinerador el lodo se calienta y se seca. Finalmente se quema. Las cenizas inertes se descargan en un tanque lleno de agua donde se forma una pasta aguada, la cual es bombeada a lagunas, o transportadas a su punto de vertido.

### **2.1.3 Descripción de línea de lodos**

Según Von Sperling (2012), la línea de lodos está compuesta de seis principales etapas:

1. **Densificación o espesamiento:** Es un proceso físico de concentración de sólidos en el lodo, está enfocado a reducir su humedad y, en consecuencia, su volumen, facilitando las posteriores etapas de tratamiento del lodo.

En esta primera etapa, el resultado del tratamiento biológico producido en el reactor mostrado en la figura 2.7, se traslada hacia sedimentadores o decantadores secundarios visibles en la figura 2.8.



**Figura N° 2.7: Estanque reactor (PTAS - Quellón)**

*Fuente: Departamento de Ingeniería (ESSAL S.A., 2016)*



**Figura N° 2.8: Estanques sedimentadores de lodos (PTAS – Chaitén)**

*Fuente: Departamento de Ingeniería (ESSAL S.A., 2016)*

El lodo es purgado desde el sedimentador hacia el espesador mediante un equipo de bombeo (Figura 2.9).



**Figura N° 2.9: Equipos de bombeo para purga de lodos hacia el espesador. (PTAS – Los Muermos)**

*Fuente: Departamento de Ingeniería (ESSAL S.A., 2016)*

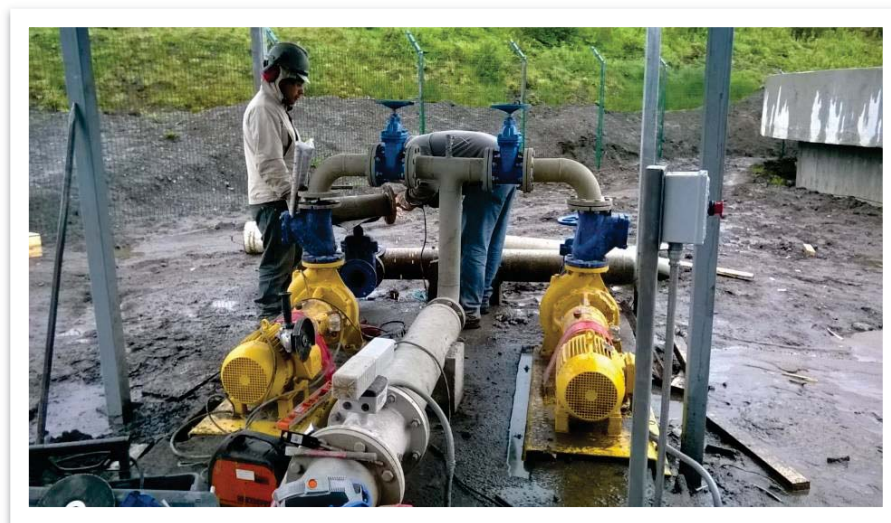
El espesador de lodos posee un motor en el centro, el cual rota el puente que permite la densificación gravitacional del lodo (Figura 2.10).



**Figura N° 2.10: Estanque y motor de espesador de lodos. (PTAS – La Unión)**

*Fuente: Departamento de Ingeniería (ESSAL S.A., 2016)*

Existen casos en los que el lodo espesado no tiene el porcentaje de humedad deseado, por lo que es recirculado mediante un equipo de bombeo, tal como el de la Figura 2.11.



**Figura N° 2.11: Bombas para recircular lodos desde espesador. (PTAS – Quellón)**

*Fuente: Departamento de Ingeniería (ESSAL S.A., 2016)*

2. Estabilización: proceso que pretende atenuar el inconveniente de malos olores en el procesamiento y disposición del lodo. La reducción de los olores se logra a través de la remoción de la materia orgánica biodegradable que compone el lodo, lo que también se refleja en una reducción de la masa de sólidos en el lodo.
3. Acondicionamiento: Proceso de preparación del lodo, a través de la adición de productos químicos (coagulante, polielectrolitos) mediante un equipo de preparación de polímero (Figura 2.12) para aumentar su aptitud para el Desaguamiento y mejorar la captura de sólidos en los sistemas de deshidratación del lodo.



**Figura N° 2.12: Equipo de preparación de polímero para adecuar lodo para deshidratado.  
(PTAS – Los Muermos)**

*Fuente: Departamento de Ingeniería (ESSAL S.A., 2016)*

4. Desaguamiento o deshidratación: Según Metcalf & Eddy INC (1996) se puede hacer uso de distintos mecanismos para realizar este proceso, sin embargo, existe una tendencia al uso de filtros de banda (Figura 2.13) para este proceso en particular. El objetivo de esta fase es remover agua y reducir aún más el volumen, produciendo lodo con comportamiento mecánico parecido al de los sólidos. La deshidratación del lodo tiene un importante impacto en los costos de transporte y destino final, además de influir de manera decisiva en el manejo del lodo, ya que el comportamiento mecánico de este varía con el contenido de humedad.



**Figura N° 2.13: Filtro de bandas para deshidratado de lodos. (PTAS – La Unión)**

*Fuente: Departamento de Ingeniería (ESSAL S.A., 2016)*

5. Higienización: Es una operación necesaria si su destino fuese reciclaje agrícola, ya que los procesos de digestión anaeróbica y aeróbica generalmente empleados no reducen el nivel de patógenos hasta niveles aceptables. Para la incineración o disposición del lodo en un relleno, no es necesaria su higienización.

Para llevar a cabo la higienización, normalmente se adhiere cal ( $\text{CaO}$ ) al lodo mediante un equipo mezclador como el de la Figura 2.14.



**Figura N° 2.14: Centrifuga, bomba de tornillo y mezcladora para encalado. (PTAS – Chaitén)**

*Fuente: Departamento de Ingeniería (ESSAL S.A., 2016)*

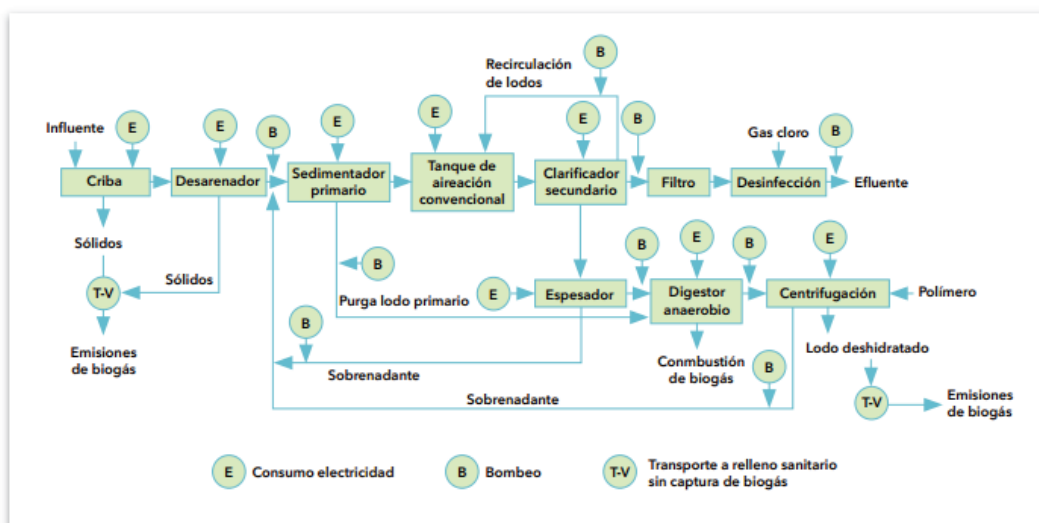
6. Disposición final: una vez que el lodo se ha encalado, es decir, ha quedado en estado inerte, es depositado en un contenedor como el de la Figura 2.15, para su posterior traslado a botadero o para ser usado como abono en terreno agrícola.



**Figura N° 2.15: Contenedor de lodos inertes o encalados. (PTAS – Lanco)**

*Fuente: Departamento de Ingeniería (ESSAL S.A., 2016)*

La incorporación de cada una de estas etapas en el diagrama de flujo de procesamiento del lodo, como el de la Figura 2.16, depende de las características del lodo generado o, en otras palabras, del sistema de tratamiento utilizado para la fase líquida, así como de la etapa de tratamiento de lodo y de la disposición final.



**Figura N° 2.16: Proceso convencional de lodos activados acoplado con espesador por gravedad, digestión anaerobia y centrifugado.**

*Fuente: Noyola (2013)*

### 2.1.4 Balance de masas

Para conocer la producción de lodo con base en distintas tecnologías, es necesario realizar un balance de masas, para saber con qué volumen de lodo se está trabajando.

Para ello, Ramalho (1990) plantea las siguientes ecuaciones para determinar la cantidad de lodo producido como resultado del tratamiento, teniendo en cuenta que el lodo de salida del sedimentador es una variable conocida:

$$LS_e = \frac{LS_s \times LP_s}{LP_e} \quad (2.1)$$

Donde:

$LS_e$  = Lodo de salida del espesador en  $[m^3/d]$ .

$LS_s$  = Lodo de salida del sedimentador en  $[m^3/d]$ .

$LP_s$  = Lodo producido por el sedimentador en  $[kg/m^3]$ .

$LP_e$  = Lodo producido por el espesador en  $[kg/m^3]$ .

$$S_e = LS_s - LS_e \quad (2.2)$$

Donde:

$S_e$  = Sobrenadante del espesador en  $[m^3/d]$ .

$LS_e$  = Lodo de salida del espesador en  $[m^3/d]$ .

$LS_s$  = Lodo de salida del sedimentador en  $[m^3/d]$ .

$$LS_e = PRH_e \times 1000 \quad (2.3)$$

Donde:

$LS_e$  = Lodo de salida del espesador en  $[m^3/d]$ .

$PRH_e$  = Porcentaje de reducción de humedad.

## **2.2 Mantenimiento de equipamientos**

---

En base a los aspectos económicos del sistema, es que a la hora de realizar un estudio de ésta índole se debe tener en cuenta la mantención de los equipos, ya que es una parte importante a considerar en todo proceso productivo.

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 2002), deben considerarse los siguientes aspectos respecto al mantenimiento de una planta de esta envergadura.

Se puede definir el mantenimiento como la conservación o protección de componentes o equipos para una condición determinada, especialmente en lo que refiere a su eficiencia y bajo costo de operación.

CEPIS (2002) distingue distintos factores a tener en cuenta en el caso específico de los sistemas de tratamiento de aguas:

- La calidad del agua es variable.
- Se emplean diversos procesos de tratamiento de agua.
- No existen dos estaciones de tratamiento similares; es decir, que tengan igual tamaño, el mismo tipo de construcción y tiempo de servicio y similar cantidad de agua tratada.
- No existen dos estaciones idénticas en organización, personal y control.
- En las plantas de tratamiento de aguas existe una amplia variedad de equipamientos y proveedores.

De esto se puede concluir, que no existe un sistema único de mantenimiento, pero sí un conjunto de actividades con fines comunes.

### **2.2.1 Justificación del mantenimiento**

Según CEPIS (2002), la razón más importante de por qué debe realizarse un mantenimiento de instalaciones y equipos en una planta de tratamiento de aguas servidas, es sin lugar a dudas que la depuración de aguas servidas es un servicio público de suma importancia y no puede tener interrupciones imprevistas. Además, una vez implantado el mantenimiento, los costos descienden debido a que, al reducir las fallas o interrupciones, se evitan costos de reposición de servicio, los cuales aumentan los costos operacionales totales de la empresa.

### **2.2.2 Ventajas del mantenimiento**

Según CEPIS (2002), el llevar a cabo el correcto mantenimiento de instalaciones y equipos trae consigo las siguientes ventajas:

1. Mejor conservación de los equipos, traducido en la ampliación de la vida útil y por ende en la disminución en los costos de inversión por capital defectuoso.
2. Aumento de la calidad y de la productividad, debido a la reducción de fallas o interrupciones en el proceso.
3. Disminución de paralizaciones imprevistas, lo cual significa menores costos operacionales.
4. Disminución de reparaciones, reduciendo los costos operacionales.
5. Reducción de horas extra de trabajo, manteniendo un equilibrio organizacional a raíz del trabajo responsable y sistemático de los trabajadores, reduciendo su carga laboral al abordar la mantención de forma constante.
6. Reducción de costos, reflejado en los puntos anteriores.

### **2.2.3 Mantenimiento preventivo**

Programa de mantenimiento sugerido por CEPIS (2002): sistematización de todas las actividades y estrategias destinadas a prevenir los daños. Su objetivo básico es garantizar la disponibilidad de la instalación para atender el programa de producción con calidad y productividad y asegurar costos adecuados. Además, Nahmias (2007) propone que el mantenimiento preventivo se entiende como el reemplazo de un equipo antes de que falle, lo cual evita costos adicionales que puedan surgir de un control deficiente de los requerimientos de cada máquina.

Para elaborar el programa de mantenimiento, se deben tener en cuenta los siguientes ítems:

- Registro de equipos, agrupados por secciones.
- Descripción de las actividades para el mantenimiento.
- Plan estratégico.

#### **a) Fichas de trabajo**

CEPIS (2002) sugiere que para ejecutar el programa de mantenimiento se requiere elaborar unas fichas que servirán para controlar, solicitar, reportar, etcétera, las actividades que se van a ejecutar. Entre estas fichas, tenemos las siguientes:

- Orden de trabajo.
- Solicitud de repuestos y materiales.

- Reporte semanal de mantenimiento.
- Historial de los equipos, en base a un control diario.

### **b) Manuales de mantenimiento**

CEPIS (2002) define que los manuales son procedimientos de trabajo que se preparan para ayudar al personal de mantenimiento. Se elaboran teniendo en cuenta los catálogos de los equipos suministrados por el fabricante y la experiencia de los técnicos. Para esto se elaboran los siguientes manuales:

- Manual de mantenimiento del equipo.
- Manual para eliminar averías del equipo.

### **c) Almacén**

Un factor importante mencionado por CEPIS (2002) y avalado por Nahmias (2007) para la política de reducción de costos es el control adecuado de los repuestos, materiales y accesorios de mantenimiento. Un manejo carente de planificación genera sobrecostos por el gran número de repuestos que se requieren, o bien deriva en largas paralizaciones en la producción debido a la falta de ellos.

Entre los factores que determinan la cantidad de repuestos, están los siguientes:

- La cantidad utilizada.
- La frecuencia de reemplazo.
- Los efectos en la operación o depreciación, lo cual es importante para no invertir dinero en partes o piezas que, por lo general, se reemplazan con baja frecuencia.

### **d) Evaluación**

La evaluación propuesta por CEPIS (2002) hace posible lo siguiente:

- Ajustar el programa y mantener actualizados los manuales de mantenimiento.
- Analizar los trabajos realizados y los materiales empleados a fin de determinar los costos de mantenimiento, para efectos de programación y control del presupuesto.
- Determinar los costos que demanda la gestión administrativa del almacenamiento, adquisición y uso de los repuestos.
- Informar a los demás sobre lo que se ha realizado y lo que se pretende realizar.

## 2.3 Evaluación económica del sistema

---

Con el fin de cuantificar el equipamiento utilizado actualmente en el proceso de tratamiento de aguas servidas, es necesario realizar un estudio de los aspectos económicos del sistema, los cuales incluyen el uso de indicadores económicos como base fundamental, así como la depreciación de los equipamientos y los costos asociados al sistema.

### 2.3.1 Indicadores económicos

Los indicadores económicos sirven para medir diferentes situaciones variables de la economía. Permiten comprender e interpretar el momento, realizar seguimientos a objetivos previamente fijados, analizar situaciones y pronosticar comportamientos futuros. Además, éstos se pueden aplicar a toda situación, desde una persona individual, pasando por la familia, más adelante la empresa y finalmente con las variables macroeconómicas del país. Ejemplos de indicadores económicos son la inflación, el Producto Interno Bruto (PIB), entre otros. Baca (2012) y Blank (2012) proponen indicadores económicos para la toma de decisiones de inversión, como la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Tasa de descuento.

### 2.3.2 Métodos de depreciación de equipamientos

Chase (2009) señala que, cuando una empresa invierte en un activo que produce ingresos, estima la vida productiva de ese activo. Para efectos contables, el activo se deprecia durante ese periodo. Se supone que el activo cumplirá con su función durante ese tiempo y, después, se considerará obsoleto o desgastado, y será necesario reemplazarlo. Esta forma de ver la vida del activo rara vez coincide con la realidad.

La depreciación es un método para asignar los costos del equipo de capital. El valor de un activo tangible cualquiera (maquinaria, inmuebles, etc.) disminuye a medida que transcurre su vida útil.

Existen, según Chase (2009), distintos tipos de depreciación, algunos de los más comunes se mencionarán a continuación:

- Método de línea recta: Reduce el valor de un activo en montos anuales uniformes, a lo largo de su vida útil estimada. Su fórmula general está dada por la ecuación:

$$MA = (C - VS)/V \quad (2.4)$$

Donde:

MA: Monto anual de la depreciación.

C: Costo.

VS: Valor de salvamento.

V: Vida útil estimada.

- Método de la suma de los dígitos de los años (SDA): Su objetivo es reducir el valor en libros de un activo rápidamente en los primeros años de su vida y a un ritmo menor en los años posteriores. Si la vida estimada es de 6 años, la suma de los números sería:  $1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 = 21$ . Por lo que el activo se deprecia  $6/21$  pasado el primer año,  $5/21$  pasado el segundo año hasta  $1/21$  el último año.
- Método del saldo decreciente: Se disminuye el valor del activo reduciendo su valor en libros un porcentaje constante cada año. El porcentaje escogido suele ser uno que sólo reduce el valor en libros al valor de salvamento al término de la vida estimada del activo. De cualquier forma, nunca se debe reducir el activo por debajo de su valor estimado de salvamento.
- Método de saldo doble decreciente: Para efectos fiscales, este método ofrece una mayor depreciación al principio del plazo de vida. Este método usa un porcentaje que representa el doble de la línea recta del plazo de vida del bien, pero lo aplica al costo original subvaluado. El método original es igual que el saldo decreciente, pero el término saldo doble decreciente significa que la tasa de línea recta es el doble. Por lo tanto, un equipamiento con un plazo de vida de 10 años tendría una tasa de depreciación en línea recta de 10 al año, y una tasa de saldo doble creciente (aplicada al monto subvaluado) de 20% al año.
- Método de depreciación por uso: El objetivo del método es depreciar una inversión de capital en proporción con su uso. Por ejemplo, se aplicaría a una máquina que efectúa la misma operación muchas veces. La vida de la máquina no se estima en términos de años, sino del número total de operaciones que razonablemente cabe esperar que efectúe antes de que se desgaste. Este método pretende dirigir los cargos por depreciación al uso real y, por lo mismo, coordinar los cargos de egresos con el producto productivo con una mayor precisión.

### 2.3.3 Análisis Incremental

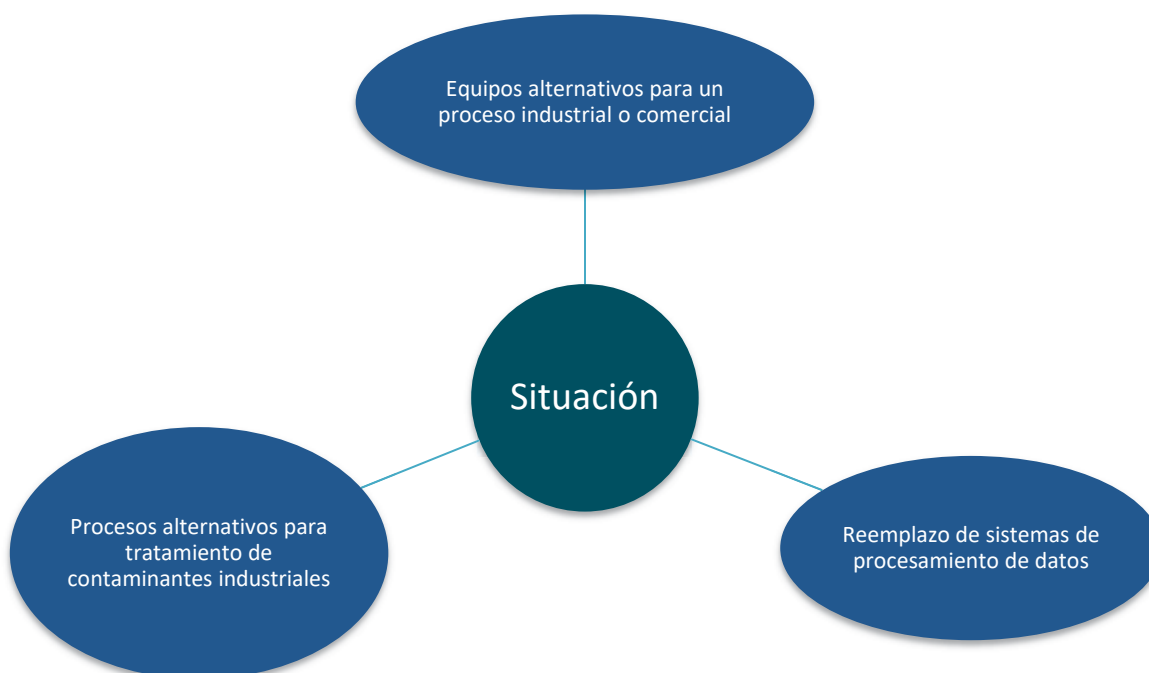
Blank (2012) señala la importancia del Análisis Incremental en la toma de decisiones de alternativas mutuamente excluyentes. Afirma que cuando se consideran dos o más alternativas mutuamente excluyentes, la ingeniería económica es capaz de identificar la alternativa que se considera mejor económicamente, a través de las técnicas Valor Presente (VP) y Valor Anual (VA).

Baca (2012) hace referencia a que muchas veces deben tomarse decisiones en cuanto a inversiones que presentan ingresos, pero también hay algunas situaciones donde sólo se presentan costos para el análisis económico, como por ejemplo:

- Seleccionar entre dos o más equipos alternativos para un proceso industrial o comercial, que elabora una parte de un producto o servicio. El equipo no elabora un producto o servicio final que se pueda vender para obtener ingresos.

- Seleccionar entre dos o más procesos alternativos para el tratamiento de contaminantes producidos por una industria. Es forzoso instalar el proceso de tratamiento, ya que así lo exige la ley, pero esa inversión no producirá ingresos.
- Se requiere reemplazar un sistema de procesamiento manual de datos por un sistema computarizado. O bien, se requiere sustituir el procesamiento de datos, que actualmente se realiza con computadoras personales, por un procesamiento en red. La inversión que este cambio requiere no producirá ingresos; no obstante, son inversiones necesarias en muchas industrias y negocios.

Dichas situaciones se reflejan en la figura 2.17:



**Figura N° 2.17: Situaciones en las que sólo se presentan costos para el análisis económico.**

*Fuente: Elaboración propia (2016) con base en Baca (2012)*

Además, Baca (2012) menciona algunos conceptos básicos que se deben tener en cuenta a la hora de realizar análisis económicos de éste tipo. Dichos aspectos se definen en conjunto con otros autores a partir de los apartados siguientes correspondientes al punto 2.3.3.

#### **a) Valor de salvamento**

Baca (2012) manifiesta que el valor de salvamento (VS), valor de rescate (VR) o valor de recuperación (VR) son sinónimos que significan el valor de mercado de un activo, en cualquier momento de su vida útil.

A su vez, valor de mercado significa el valor monetario al que puede ser vendido un activo en el año "n".

Se señala, además, que el activo posee una vida útil determinada (exceptuando a los terrenos, los cuales poseen una vida útil infinita). Esta vida útil puede ser acortada para efectos de planeación por el analista o tomador de decisiones, a lo que Blank (2012) complementa afirmando que un análisis del valor presente sobre el Mínimo Común Múltiplo (MCM) requiere que el valor de salvamento estimado se incluya en cada ciclo de vida.

Blank (2012) contempla, además, que la determinación del valor de salvamento puede tener varios aspectos. Si se está determinando sobre un activo que ya se posee y se desea reemplazar, entonces el valor de salvamento es el valor monetario que se puede obtener por la venta de ese activo en el mercado, en el momento de tomar la decisión, y es relativamente sencillo calcular el valor de salvamento. Si, por el contrario, el activo no se posee, se pretende adquirir y el horizonte de análisis es por ejemplo siete años, entonces la toma de decisión deberá estimar, con ciertas bases, cuál será el valor de mercado del activo al término de siete años, a partir del momento en que se adquiera. Un valor de salvamento estimado en el futuro siempre tendrá cierto grado de imprecisión. Por otro lado, está la forma en la que debe ser considerado el valor de salvamento dentro de un problema de toma de decisiones. El valor de salvamento siempre será un ingreso; sin embargo, es distinto el valor de salvamento de un activo que ya se tiene, del valor de salvamento de un activo que está por comprarse.

Si el problema está analizado en cuanto al reemplazo de un equipo que ya se tiene, entonces la suposición implícita es que, al realizar el reemplazo, se vende la máquina que está en uso, lo cual provoca un ingreso que disminuye el desembolso inicial que debe realizarse al comprar el equipo nuevo.

Si el problema es seleccionar una alternativa, por ejemplo, la de menor costo, Baca (2012) señala que de entre varias que se tengan disponibles, entonces el valor de salvamento también representa un ingreso, pero éste se obtendrá hasta el final del periodo de análisis que declara el problema cuando al "cortar" artificialmente el tiempo se supone que el activo se vende y se obtiene un ingreso. El valor de salvamento al final del periodo de análisis puede ser cero, pero si el valor de salvamento no es cero y no se considera que se vende, equivale a suponer que el inversionista abandonaría un activo que aún tiene cierto valor y que le puede proporcionar un ingreso, es decir, omitir la consideración del valor de salvamento cuando éste tiene un valor monetario al final del periodo de análisis es una consideración errónea al momento de tomar la decisión.

## **b) Vida útil del activo**

Según Baca (2012), la vida útil puede definirse simplemente como el periodo (expresado usualmente en años), que un activo sirve o está disponible en la actividad para la que fue diseñado. Sin embargo, un activo puede estar en servicio muchos años y tener diferentes propietarios, de manera que, para efectos

de tomar decisiones económicas, la vida útil de un activo debe considerarse como el número de años que ese activo estará en servicio para el propietario que tomará la decisión económica sobre ese activo, incluyendo el hecho de que un inversionista compre un activo usado. Ese activo habría tenido una vida útil para su anterior propietario, pero con ciertos costos de operación y mantenimiento. Para el nuevo propietario tendrá otra vida útil, así como otros costos de adquisición, operación y mantenimiento.

Es de suma importancia considerar éste último punto, la disminución de la vida útil del activo, cuando éste pasa de un dueño a otro, teniendo en cuenta y haciendo un balance adecuado de los costos de adquisición, operación y mantenimiento. Para el caso en estudio, la vida útil del activo incide en la toma de decisiones de inversión, puesto que el rango de vida útil definido para cada alternativa tiene repercusiones en los flujos de efectivo.

### **c) Alternativas múltiples excluyentes**

En ingeniería económica, según Baca (2012), alternativa es una posibilidad de inversión sobre la cual se determinan todos los flujos de efectivo implicados, durante el tiempo en que la inversión le resulte útil y productiva al inversionista. Así, una alternativa es un curso de acción para invertir, por lo que la opción más sencilla es no hacer nada, es decir, no invertir, sin embargo, en el contexto de éste proyecto, la elaboración de una propuesta de recambio tecnológico sugiere que deban considerarse al menos ciertas alternativas de inversión para el apoyo a la toma de decisiones de inversión al mediano y largo plazo para la empresa.

Parece evidente que cuando se menciona la palabra "alternativas", significa que cualquiera de ellas cumple, al menos, con las expectativas y necesidades del comprador. Es decir, si alguna no cumpliera con las necesidades del comprador no sería una alternativa, afirma Baca (2012).

Blank (2012) utiliza el método de la Tasa de Rendimiento Incremental (o TR Incremental) para la selección de alternativas múltiples que son mutuamente excluyentes, sin embargo, coincide con Baca (2012) en que la aceptación de una alternativa automáticamente excluye a la otra. Además, sostiene que éste análisis está basado sobre relaciones de Valor Presente (VP) o Valor Anual (VA) para flujos de efectivo incrementales entre dos alternativas a la vez.

### **d) Tasa de descuento**

Según Blank (2012), la Tasa de descuento corresponde al interés aplicable en cálculos de flujos de efectivo. Está compuesta según la empresa, por la tasa libre de riesgo y la estimación de la inflación esperada en el largo plazo (ESSAL, 2015). Ésta es la tasa de interés del sector público, la cual reemplaza a la TMAR del sector privado.

La tasa libre de riesgo, es aquella tasa que, según el rubro, se calcula para efectuar diversos análisis económicos, y que la empresa debe considerar a la hora de realizar una evaluación económica de cualquier índole, ya que la inversión está supeditada, en un sinnúmero de ocasiones, al riesgo.

Además, se dice que la tasa de descuento puede ser difícil de definir, ya que diversos organismos gubernamentales pueden tener acceso a diferentes tasas. Las tasas de descuento estandarizadas son establecidas por ciertas dependencias federales.

### e) Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)

Los métodos para tomar decisiones cuando existe una sola alternativa de inversión presentados por Baca (2012), son el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). En general, este tipo de inversiones se efectúan en instalaciones industriales que producen bienes o servicios.

Según el criterio del VPN, si cada una de las opciones de inversión es independiente, cualquiera es atractiva como inversión si el VPN mayor o igual a 0, por lo que es necesario definir si es conveniente para el inversionista el aumentar la inversión en base al resultado del cálculo del VPN. Para ello, según Baca (2012), se analiza si al incremento en inversión le corresponde el suficiente aumento en ganancias. El objetivo es la comparación de cada una de las alternativas en orden creciente de inversión, para realizar el análisis incremental conviene hacer un ordenamiento de las alternativas, de menor a mayor inversión. Así, para obtener la comparación de alternativas, se analiza si la ganancia generada por el incremento de inversión, a una tasa de referencia "i" es económicamente conveniente. A éste cálculo, Baca (2012) le llama VPN Incremental.

El VPN se calcula de la siguiente manera:

$$VPN = -Inv + B(P/A, i\%, n) \quad (2.5)$$

Donde:

Inv = Inversión; B = Beneficio; i% = Tasa de descuento; n = periodo de tiempo.

Y siendo P/A el factor de valor presente de una serie uniforme, se tiene qué:

$$P/A = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (2.6)$$

En cuanto a la Tasa Interna de Retorno (TIR), es la tasa "i" que hace que la suma de los flujos descontados sea igual a la inversión inicial. Según Baca (2012), a raíz de esta definición y considerando que los flujos incrementales se obtienen restando la alternativa de mayor inversión de la de menor inversión, se puede calcular la TIR Incremental. A partir del cálculo de la TIR Incremental y mediante el

uso de una tasa establecida, se puede determinar la conveniencia del reemplazo de máquinas en un determinado proceso.

La TIR se calcula, según Sullivan (2004) de la siguiente manera:

Por medio de la formulación del Valor Presente, se observa que la TIR es la  $i'$ % a la que se cumple que

$$\sum_{k=0}^N R_k(P/F, i'\%, k) = \sum_{k=0}^N E_k(P/F, i'\%, k) \quad (2.7)$$

Donde:

$R_k$  = ingresos o ahorros netos para el  $k$ -ésimo año,

$E_k$  = gastos netos que incluyen cualquier costo de inversión para el  $k$ -ésimo año,

$N$  = vida del proyecto (o periodo de estudio).

#### **f) La alternativa “Hacer Nada”**

Baca (2012) plantea una situación adicional que se puede presentar en el análisis incremental, la inclusión en el análisis de la alternativa hacer nada, lo cual significa que cuando se tiene el dinero para emprender hasta la alternativa de mayor inversión, pero en el caso de que ninguna de las alternativas y/o sus incrementos de inversión sean económicamente atractivos, entonces no se elige ninguna de las opciones. De hecho, ésta es la primera alternativa que debe evaluarse, lo cual significa que: se cuenta con cierta cantidad de dinero y es posible invertirlo a una tasa de rendimiento igual a la TMAR; a partir de aquí, empieza el análisis del primer incremento de inversión. Sin embargo, esto es una redundancia, puesto que, si se invierte el capital a la TMAR de referencia, el VPN = 0. Es redundante porque se rechazarán las alternativas con VPN < 0, lo que significa que si todas las alternativas tuvieran un VPN < 0 se elegiría la alternativa hacer nada, que también implica ganar nada.

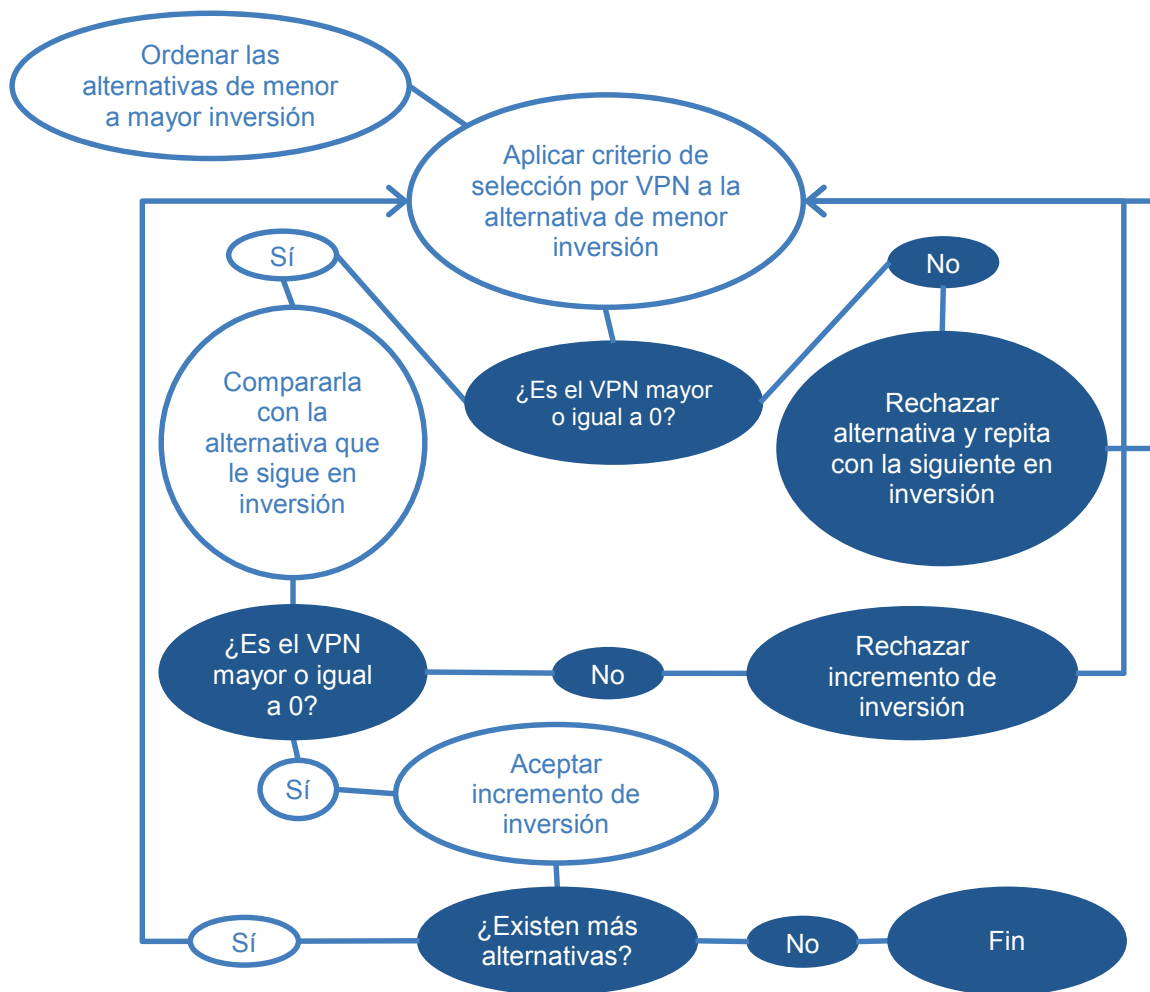
#### **g) Procedimiento para realizar un análisis incremental**

Baca (2012) establece los siguientes 8 pasos para llevar a cabo el análisis incremental:

- Ordenar las alternativas de menor a mayor inversión.
- Aplíquese el criterio de selección por VPN a la alternativa de menor inversión.
- Si el criterio de selección es favorable (VPN ~ 0), ir al paso 4. Si el criterio de selección es desfavorable (VPN < 0), continuar aplicando el mismo criterio a la(s) siguiente(s) alternativa(s) en orden creciente de inversión, hasta encontrar una con VPN ~ 0. Si ninguna cumple con el criterio de selección de VPN se deben rechazar todas las alternativas. Al encontrar una, es preciso ir al paso 4.

- Al encontrar una alternativa con criterio de VPN favorable, tomarla como punto de comparación para analizar los incrementos de inversión y beneficios con la alternativa que le sigue en inversión.
- Acéptese realizar el incremento de inversión si  $\sim VPN > 0$ .
- Tómesese como base para el siguiente análisis de incremento de inversión la alternativa con mayor inversión cuyo  $\sim VPN > 0$ .
- Si  $\sim VPN < 0$  recházese el incremento de inversión. Repetir los pasos 5 y 6 hasta agotar el análisis de todas las alternativas.
- Acéptese invertir en la alternativa de mayor inversión que haya presentado un  $VPN \sim 0$ .

Dichos pasos se ven reflejados en la figura 2.18:



**Figura N° 2.18: Procedimiento para llevar a cabo un análisis incremental.**

*Fuente: Elaboración propia (2016) con base en Baca (2012)*

### 2.3.4 Tipos de costos asociados al sistema de tratamiento de aguas servidas

Para Sullivan (2004), la palabra costos (o gastos) tiene distintos significados. Los conceptos y otros principios económicos que se utilizan en los estudios de ingeniería dependen de la situación del problema y de la decisión que debe tomarse.

A continuación, se presentan definiciones básicas de costos según Chase (2009):

- Costos fijos: Todo egreso que permanece constante, sea cual fuere el nivel de producto. Si bien ningún costo es verdaderamente fijo, muchos tipos de egresos son prácticamente fijos en el caso de una banda amplia de producto. Algunos ejemplos son la renta, los impuestos sobre patrimonio, casi todos los tipos de depreciación, los pagos de seguros y los sueldos de la alta gerencia.
- Costos variables: Son egresos que fluctúan directamente con los cambios en el nivel de producto. Por ejemplo, cada unidad adicional de plancha de acero producida requiere una cantidad específica de materiales y trabajo. Los costos incrementales de este material y trabajo adicionales se pueden aislar y asignar a cada unidad de plancha de acero producida. Muchos gastos indirectos también son variables porque las cuentas de luz, los gastos de mantenimiento y demás varían dependiendo del nivel de producción.
- Costos a fondo perdido: Son egresos o inversiones pasadas que no tienen valor de salvamento y, por lo tanto, no se deben tomar en cuenta al considerar las alternativas para invertir. Los costos a fondo perdido también pueden ser costos corrientes que, en esencia, son fijos, como el pago del arriendo de un edificio.
- Costos de oportunidad: Es el beneficio que se deja pasar, o la ventaja perdida, en razón de que se escoge una acción en lugar del curso de acción que representa la alternativa más común o conocida.
- Costos evitables: Incluyen todo gasto que no se contrae si se hace una inversión, pero que se debe contraer si no se hace la inversión. Los costos evitables son un ejemplo de que sí es posible "ahorrar dinero" cuando se gasta dinero.
- Costo incremental: es el costo (o ingreso) adicional que resulta del incremento en la producción de una o más unidades de un sistema. El costo incremental según Sullivan (2004), se asocia con frecuencia con decisiones del tipo "hacer o no hacer" que implican un cambio limitado en el nivel de actividad o de producción. Sin embargo, en la práctica resulta un tanto difícil determinar dicho costo.

Según Chase (2009), se debe realizar una correcta asignación de costos indirectos, de modo que se refleje de la forma más directa posible las proporciones reales de costos indirectos que consume la actividad productiva. Primero se identifican los factores causales o motores de costos, y serán utilizados como medio para asignar los costos indirectos, los cuales pueden incluir horas máquina, tiempo de computadora, entre otros. Sullivan (2004) agrega que, un producto adquiere valor para un cliente, cuando los beneficios sobrepasan a los costos, lo que para la investigación significa que una correcta asignación de costos genera un mayor beneficio, y es por eso que es tan importante poseer el conocimiento necesario en cuanto a la clasificación de los distintos tipos de costos existentes.

## **2.4 Decisiones estratégicas de operaciones**

---

La inserción de nuevas tecnologías supone variados beneficios financieros y estratégicos para la empresa. Según Chase (2009), la evaluación de estas inversiones es especialmente difícil porque el propósito de adquirir nuevas tecnologías no es tan sólo reducir los costos del trabajo, sino también elevar la calidad y la variedad de los productos.

En adición, Blank (2012) señala que existen muchos atributos no económicos (sociales, ambientales, legales, políticos, personales, por nombrar algunos). Este ambiente de múltiples atributos puede dar como resultado el hecho de que se tenga menos confianza en los resultados económicos.

Los autores coinciden en que para llevar a cabo una toma de decisión hay múltiples aspectos a considerar, no sólo el resultado económico del análisis propiamente tal. Por ejemplo, Baca (2012) señala lo siguiente: La determinación de la inflación está fuera del alcance de cualquier analista o inversionista y lo más que se puede hacer es pronosticar un valor, que en el mejor de los casos se acercará un poco a lo que sucederá en la realidad. De esta afirmación se puede concluir que independiente del resultado que obtengamos del análisis, hay factores externos que influyen en el desarrollo de un análisis, y que no se pueden prever. Es por esto que debe tenerse en cuenta que, al finalizar un estudio, el valor que éste arroje no tendrá un total porcentaje de confianza, pero sí se asemejará a un escenario real.

Por otra parte, Chase (2009) señala diferentes tipos de beneficios con base en las inversiones tecnológicas, los cuales se detallan a en los siguientes apartados.

### **2.4.1 Reducción de costos**

Se plantean una serie de beneficios a partir de las inversiones que se puedan realizar en cuanto a tecnología, el primero de ellos es la reducción de costos, la cual presenta una clara tendencia a ser una de las mayores condiciones a considerar al momento de hacer una inversión de ésta índole.

En cuanto a la reducción de costos, es preciso hacer una categorización de cada uno de estos. Chase (2009) identifica los siguientes tipos de costos:

- Costos laborales: Reemplazar a las personas con robots o permitir que un número menor de trabajadores maneje equipamiento semiautomático.
- Costos de materiales: Usar con más eficiencia los materiales existentes o permitir el uso de materiales de gran tolerancia.
- Costos de inventarios: Equipamiento que se puede cambiar rápidamente, lo cual permite la administración de un inventario JIT.
- Costos de calidad: Inspección automatizada y menor variación en los productos elaborados.
- Costos de mantenimiento: Equipamiento que se ajusta solo.

Además de la reducción de costos como beneficio directo, Chase (2009) señala distintos tipos de beneficios adicionales, como una mayor variedad de productos en economías de alcance en razón de sistemas flexibles de producción, así como mejores características de los productos, relacionadas con la capacidad para hacer cosas que no se podrían hacer a mano como los microprocesadores actuales. También habla de ciclos más cortos de tiempo, que generan una mayor velocidad para preparar las máquinas o cambiarlas. Por último, dichos beneficios se condicen con una mayor producción de productos.

#### **2.4.2 Riesgos de adoptar nuevas tecnologías**

Además de beneficios, Chase (2009) señala que se deben tomar en cuenta diversos tipos de riesgos asociados a la adopción de nuevas tecnologías, los cuales Blank (2012) y Baca (2012) señalan también como aspectos importantes a considerar a la hora de enfrentarse a mejoras tecnológicas y fueron mencionados con anterioridad al comienzo del punto 2.4. A su vez, Baca (2012) señala que el análisis de riesgo puede ser cualitativo, es decir, que el inversionista lo determina a partir de su experiencia, o bien, puede ser cuantitativo. Es importante para una empresa el conocer los riesgos e implicancias que significa el recambio tecnológico, ya sea en cuanto a aspectos sociales, medioambientales, legislativos, u otros riesgos que tengan un potencial impacto en las actividades que desempeñe la empresa, es por esto que los tipos de riesgos propuestos por Chase (2009) son:

##### **a) Riesgos tecnológicos**

Cuando una empresa es pionera en la adquisición de una nueva tecnología, goza de una ventaja competitiva, pero también existe el riesgo de incorporar una tecnología que no ha sido probada y que podría traer problemas que alteren las operaciones de la empresa. También está el riesgo de la obsolescencia, sobretodo en el caso de las tecnologías electrónicas donde el cambio es veloz y el costo fijo de las nuevas tecnologías o el costo de las actualizaciones son elevados. Asimismo, las tecnologías

alternativas podrían representar costos más efectivos en el futuro, anulando los beneficios de la tecnología de hoy.

De esto se puede concluir que el riesgo tecnológico al que se refiere Chase (2009) se corresponde con la alternativa de adquirir una tecnología completamente nueva que suponga un cierto grado de incertidumbre en el mercado.

#### **b) Riesgos para las operaciones**

Siguiendo la referencia de Chase (2009), también puede haber riesgos cuando una empresa aplica una nueva tecnología a sus operaciones. La instalación de una nueva tecnología por lo general produce alteraciones sustantivas, cuando menos al corto plazo, en la forma de reorganizar toda la planta, la capacitación del personal, etc. También se habla de riesgos que se deben a las demoras y los errores que se introducen en el proceso de producción y de las demandas inciertas y repentinas impuestas a diversos recursos.

#### **c) Riesgos para la organización**

El riesgo para la organización señalado por Chase (2009) supone que las empresas podrían carecer de la cultura organizacional y el compromiso de la alta gerencia necesarios para absorber las alteraciones y las incertidumbres de corto plazo asociadas a la adopción de una nueva tecnología. En estas organizaciones existe el riesgo de que los empleados o los administradores de la empresa puedan abandonar rápidamente la tecnología cuando se presentan fallas a corto plazo o evitarán cambios mayores automatizando simplemente el viejo proceso ineficiente de la empresa y, por lo tanto, no se obtendrán los beneficios de la nueva tecnología.

#### **d) Riesgos para el ambiente o el mercado**

Chase (2009) señala el riesgo en relación al ambiente o el mercado, afirmando que, en muchos casos, una empresa podría invertir en una tecnología concreta, tan sólo para encontrar pocos años después que los cambios en algunos factores del ambiente o del mercado hacen que su inversión no valga nada. Por ejemplo, en cuestiones ambientales, las compañías automovilísticas no han querido invertir en tecnología para fabricar automóviles eléctricos porque no están seguras de cuáles serán las normas de los gobiernos estatales y el federal que rijan las emisiones en el futuro ni del potencial para disminuir las emisiones de los automóviles de gasolina y el potencial para mejoras sustantivas en la tecnología de las baterías. Algunos ejemplos típicos de los riesgos del mercado son las fluctuaciones de los tipos de cambio de las divisas y de las tasas de interés.

Se concluye de estos tópicos, que las decisiones estratégicas de operaciones respecto a la incorporación de nuevas tecnologías al sistema, tienen una serie de beneficios y riesgos que deben ser considerados conjuntamente para lograr el objetivo principal del estudio.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

La función del Diseño Metodológico (en adelante DM) es, a grandes rasgos, implementar un conjunto de técnicas o métodos que permitan llevar a cabo el objetivo general. El diseño del proyecto se basa en diversos autores para desarrollar las actividades y resolver la problemática en estudio. Autores como Blank (2012) y Baca (2012) ayudan a desarrollar la evaluación económica, mientras que Sullivan (2004) contextualiza el proyecto a posibles riesgos de adoptar nuevas tecnologías. En la tabla 3.1 se detallan las actividades del DM, el cual consta de 4 etapas principales.

**Tabla N° 3.1:** Diagrama Diseño Metodológico

Etapa	Objetivo	Actividades
Etapa 1: Diagnóstico de la línea de lodos	Desarrollar un diagnóstico de la línea de lodos en la planta de tratamiento de aguas servidas de Puerto Varas-Llanquihue, a través de un levantamiento de procesos y análisis de las bases de datos de la organización, para identificar el nivel operativo y definir las variables críticas del sistema en estudio.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Recopilación de información de cada una de las etapas de la línea de lodos mediante visita a terreno a la planta de tratamiento de aguas servidas Puerto Varas-Llanquihue.</li><li>2. Determinación del nivel operativo de la línea de lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas Puerto Varas-Llanquihue, basado en la incidencia económica que posee cada variable con respecto a los costos operacionales totales.</li><li>3. Definición de variables críticas en la línea de lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas Puerto Varas-Llanquihue.</li></ol>

*Fuente: Elaboración propia (2016) con base en Blank (2012), Baca (2012), Sullivan (2004)*

**Tabla N° 3.1 - Continuación:** Diagrama Diseño Metodológico

<p>Etapa 2: Evaluación técnica de la línea de lodos</p>	<p>Evaluar el equipamiento utilizado actualmente en la línea de lodos del proceso de tratamiento de aguas servidas, mediante el análisis de aspectos técnicos, para medir el impacto que poseen estos equipamientos en el proceso en comparación con otras tecnologías existentes.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificación de alternativas de inversión para la línea de lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas Puerto Varas-Llanquihue.</li> <li>2. Análisis comparativo de aspectos técnicos de alternativas de inversión para la planta de tratamiento de aguas servidas Puerto Varas-Llanquihue.</li> </ol>
<p>Etapa 3: Evaluación económica de la línea de lodos</p>	<p>Evaluar económicamente la línea de lodos, mediante un análisis incremental de alternativas de inversión y variables críticas, a fin de cuantificar cada una de las etapas del proceso y el uso actual de los equipamientos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Análisis incremental de alternativas de inversión para la línea de lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas Puerto Varas-Llanquihue.</li> <li>2. Análisis de variables críticas de la línea de lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas Puerto Varas-Llanquihue.</li> </ol>
<p>Etapa 4: Desarrollo de herramienta de toma de decisiones</p>	<p>Establecer una herramienta de toma de decisiones, a través de una matriz de comparación de equipamientos que incluya aspectos técnicos y económicos, para facilitar la toma de decisiones de inversión a mediano y largo plazo.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Análisis comparativo de aspectos técnicos y económicos para la toma de decisiones.</li> <li>2. Selección de la mejor alternativa de inversión para la línea de lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas Puerto Varas-Llanquihue.</li> </ol>

### 3.1 Etapa 1: Diagnóstico de la línea de lodos

**Objetivo:** Desarrollar un diagnóstico de la línea de lodos en la planta de tratamiento de aguas servidas de Puerto Varas-Llanquihue, a través de un levantamiento de procesos y análisis de las bases de datos de la organización, para identificar el nivel operativo y definir las variables críticas del sistema en estudio.

El objetivo de ésta etapa, es llevar a cabo el diagnóstico de la línea de lodos en la planta de tratamiento de aguas servidas de Puerto Varas-Llanquihue, diagnóstico que permite determinar el nivel operativo actual de la línea de lodos y definir cada una de las variables críticas del estudio, sentando la base para el cumplimiento del objetivo general del trabajo de titulación.

Esta estrategia asegura la recolección de todos los datos presentes actualmente en la línea de lodos, por lo que permite el alineamiento lógico con las siguientes etapas de la metodología del estudio.

#### 3.1.1. Recopilación de información de cada una de las etapas de la línea de lodos mediante visita a terreno

La recopilación de información de cada una de las etapas de la línea de lodos es clave para el desarrollo de la matriz de comparación final. Ésta etapa es la base del estudio, y por ende se lleva a cabo meticulosa y premeditadamente.

La actividad se realizó mediante el desarrollo de un levantamiento de procesos en terreno de la línea de lodos. Primero se determinó cada una de las etapas de la línea de lodos y se realizó un diagrama de cada una, dejando claro cuáles son cada uno de los equipos y de qué forma intervienen en el proceso. Luego, se identificaron cada uno de los parámetros relativos a equipos: función del equipo, insumos que utiliza, tiempo de utilización, vida útil (obtenida posterior a la visita, del Servicio de Impuestos Internos), depreciación acumulada (obtenida posterior a la visita, del Servicio de Impuestos Internos), capacidad y si es operada manual o automáticamente (si es operada de forma manual, por cuántos operadores). Éstos datos fueron posteriormente tabulados en la tabla 3.2:

**Tabla N° 3.2:** Tabla de registro de equipamientos

ETAPA	EQUIPO	FUNCIÓN	INSUMOS	TIEMPO UTILIZACIÓN [h/día]	CONSUMO ELÉCTRICO [kW/día]	COSTO ENERGÍA ELÉCTRICA [\$/día]	COSTO ENERGÍA ELÉCTRICA [\$/año]	VIDA ÚTIL [AÑOS]

*Fuente: Elaboración propia. (2016)*

Además de los datos recopilados, debió realizarse un registro fotográfico de las etapas del proceso, para tener también un respaldo visual de la situación actual.

### **3.1.2. Determinación del nivel operativo de la línea de lodos**

Una vez obtenidos los datos necesarios para completar la tabla de registro, se procedió a calcular el nivel operativo de la línea de lodos, mediante el uso del tiempo de utilización de máquinas durante el proceso, con base en los tiempos de ejecución de cada máquina para determinar la energía eléctrica consumida por dicho equipo y así lograr calcular la incidencia que tiene cada una de las máquinas en el total de los costos operacionales de la línea de lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas de Puerto Varas-Llanquihue. Posterior a esto, se determinó también él o los cuellos de botella existentes en el proceso, mediante un balance de masas correspondiente a cada una de las etapas productoras de lodo.

La determinación del nivel operativo tiene como objetivo el identificar las variables críticas de la línea de lodos, las cuales representan un aspecto clave en la toma de decisiones.

### **3.1.3. Definición de variables críticas en la línea de lodos**

Finalmente, ya obtenidos los datos y calculado el nivel operativo, se procedió a identificar variables críticas en la línea de lodos, mediante la participación, consumo y producción de los equipos usados actualmente. Dichas variables tienen por finalidad, determinar aquellas en las que se debe tener un mayor control, ya sea en cuanto a mantenimiento, recambio de equipos, etc. Según la tercera razón de Sullivan (2004) para el reemplazo de un equipo (Tecnología), la determinación de una variable crítica puede suponer el poner mayor énfasis en el recambio de un equipo en cuanto a obsolescencia tecnológica.

Éste último procedimiento se llevó a cabo mediante el cálculo de la incidencia económica que poseen las variables en relación a los costos operacionales totales.

---

## **3.2 Etapa 2: Evaluación técnica de la línea de lodos**

**Objetivo: Evaluar el equipamiento utilizado actualmente en la línea de lodos del proceso de tratamiento de aguas servidas, mediante el análisis de aspectos técnicos, para medir el impacto que poseen estos equipamientos en el proceso en comparación con otras tecnologías existentes.**

En esta etapa se identificaron alternativas de inversión para la línea de lodos de la planta de tratamiento y posteriormente se recogieron los aspectos técnicos entre los equipamientos existentes y las alternativas de inversión.

### **3.2.1. Identificación de alternativas de inversión para la línea de lodos**

Para identificar alternativas de inversión, fue necesario comprender el sistema y sus requerimientos. Esto implicó reconocer que para una misma actividad es posible utilizar alternativas mutuamente excluyentes, como es el caso del secado de lodos. Las alternativas se discutieron entre el investigador y el personal de

la empresa, con tal de que los equipos seleccionados como alternativas cumplieran con los requerimientos de la planta y del proceso.

Una vez identificadas las alternativas de inversión, fue preciso obtener toda la información relacionada a estas en cuanto a los parámetros definidos para los equipamientos existentes, con el objetivo de poder comparar las alternativas bajo las mismas condiciones.

### 3.2.2. Análisis comparativo de aspectos técnicos de alternativas de inversión

Teniendo establecidas las alternativas de inversión, se procedió al análisis de aspectos técnicos respecto de los equipamientos existentes del proceso, y aquellos definidos como posibles alternativas mediante una matriz como figura en la tabla 3.3:

**Tabla N° 3.3:** Matriz comparativa de aspectos técnicos de alternativas de inversión

	Centrífuga	Filtro Banda	Prensa Tornillo	Filtro Prensa
% Reducción Humedad torta				
Consumo de polímero				
Recuperación				
Capacidades de operación				
Obra civil necesaria				
Necesidades de operación				
Desodorización				
Consumo energético				
Mantenimiento				
Consumo de agua				
Inversión				

*Fuente: Elaboración propia. (2016)*

Esta estrategia permitió ampliar horizontes tecnológicos, a través de la comparación de equipos utilizados tanto en plantas nacionales como internacionales, los que eventualmente pueden significar una disminución importante de costos operacionales, ya que se busca con ésta matriz comparar además la cantidad de insumos correspondientes al consumo de cada equipo, para finalmente medir el impacto de los equipos con otras tecnologías existentes.

### 3.3 Etapa 3: Evaluación económica de la línea de lodos

---

**Objetivo:** Evaluar económicamente la línea de lodos, mediante un análisis incremental de alternativas de inversión y variables críticas, a fin de cuantificar cada una de las etapas del proceso y el uso actual de los equipamientos.

En esta etapa se debió realizar un análisis incremental de alternativas de inversión. Además, llevar a cabo un análisis económico de variables críticas del proceso.

#### 3.3.1. Análisis incremental de alternativas de inversión para la línea de lodos

Para poder desarrollar correctamente la actividad, se hicieron los cálculos correspondientes para obtener el Valor Presente Neto (VPN) o Valor Actual Neto (VAN) de cada una de las alternativas de inversión, puesto que el análisis incremental compara dicho método de forma incremental.

Para calcular el Valor Presente Neto, debemos conocer primero los montos de cada una de las alternativas de inversión y su respectivo beneficio anual, el cual para este caso fue calculado según los valores de mantención y gastos en insumos correspondientes en un periodo determinado. Luego, se ordenaron las alternativas de menor a mayor inversión. Además, con base en el ingreso que tiene la empresa respecto al proceso, y haciendo una división y posterior asignación a cada máquina, se obtuvo el beneficio anual de cada una de las alternativas de inversión.

Teniendo el costo de inversión, el beneficio anual y la tasa de descuento, se pudo calcular el Valor Presente Neto, con la siguiente fórmula:

$$VPN = -Inv + B(P/A, i\%, n) \quad (3.1)$$

Donde:

Inv = Inversión; B = Beneficio;  $i\%$  = Tasa de descuento; n = periodo de tiempo.

Y siendo P/A el factor de valor presente de una serie uniforme, se tiene qué:

$$P/A = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (3.2)$$

Según Sullivan (2004), la recomendación es que debe elegirse la alternativa que requiera la menor inversión de capital y produzca resultados funcionales satisfactorios, a menos que el capital incremental asociado con otra alternativa de mayor inversión se justifique con respecto a sus beneficios incrementales.

Procedimiento para realizar el análisis incremental según Baca (2012):

- Una vez calculados los VPN de cada una de las alternativas, se procede a interpretar los datos. Si  $VPN < 0$ , la alternativa se rechaza, y si  $VPN \geq 0$  la alternativa se acepta.
- Si ninguna de las alternativas resulta tener un  $VPN \geq 0$ , quiere decir que todas se rechazan y hay que buscar nuevas alternativas de inversión. Si hay más de una alternativa que tenga  $VPN \geq 0$ , se procede a realizar el análisis incremental, comparando las alternativas que presenten dicho resultado.
- Se parte comparando la alternativa con menor monto de inversión, con la que le sigue. El cálculo se realiza haciendo uso de la misma fórmula, sin embargo, la inversión está dada por la diferencia entre la alternativa de mayor costo menos la de menor costo, lo mismo para el beneficio, esto se puede leer como VPN incremental de la alternativa "B" respecto a "A" (Siendo B la alternativa siguiente en orden de inversión de menos a más).

### 3.3.2. Análisis de variables críticas de la línea de lodos

Con base en los resultados obtenidos del análisis incremental, debió hacerse un análisis de variables críticas, puesto que para poder llevar a cabo una propuesta de mejora de costos operacionales se deben considerar tanto los costos de inversión, como los costos de operación asociados a la línea de lodos.

Al realizar dicho análisis, se pudo hacer una comparación de los aspectos que más impacto tienen en cuanto a la utilización de recursos económicos de la empresa, con respecto a los costos de operación de la línea de lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas Puerto Varas-Llanquihue, y evaluar, posteriormente, distintas alternativas de inversión.

Fue preciso considerar que, al momento de identificar variables críticas, aquellas que presentan una variación a lo largo de la investigación fueron estrictamente las que están relacionadas con las alternativas de inversión tecnológica.

### 3.4 Etapa 4: Desarrollo de herramienta de toma de decisiones

---

**Objetivo:** Establecer una herramienta de toma de decisiones, a través de una matriz de comparación de equipamientos que incluya aspectos técnicos y económicos, para facilitar la toma de decisiones de inversión a mediano y largo plazo.

En esta última etapa se planteó relacionar las tres etapas anteriores para confeccionar una matriz de comparación de equipamientos (Tabla 3.4) que incluya aspectos técnicos y económicos, la cual sirva

para facilitar la toma de decisiones de inversión a mediano y largo plazo, y para reducir los costos operacionales de la línea de lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas de Puerto Varas-Llanquihue.

**Tabla N° 3.4:** Matriz comparativa de antecedentes por alternativa

Alternativa	Inversión	Beneficio	Consumo Eléctrico Mensual (kWh)	Costo Energético Anual	Sequedad Final	Producción Final Lodo Diario (m <sup>3</sup> /d)	Costo Transporte Anual	Costo Operacional Total Anual
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

*Fuente: Elaboración propia. (2016)*

Noyola (2013) hace referencia al planteamiento de escenarios para dimensionar el cambio que genera cada una de las distintas alternativas en un estudio de esta magnitud. Si bien no se plantean escenarios como tal, el estudio contempla las distintas variaciones que pueden darse a partir de las evaluaciones técnicas y económicas.

### **3.4.1. Análisis comparativo de aspectos técnicos y económicos para la toma de decisiones**

Teniendo ya confeccionadas las matrices de aspectos técnicos y económicos, se procedió al análisis final. Dicho análisis tomó en cuenta además de los datos ya obtenidos, una función de costo total, determinada por la suma del costo de inversión de equipos, mantenimiento, insumos, y traslado de lodos.

La actividad tuvo como propósito el generar una alternativa que contenga todos los aspectos relevantes de la línea de lodos, para finalmente realizar una propuesta de mejora de costos operacionales y ayudar en la toma de decisiones de inversión de la empresa.

### **3.4.2. Selección de la mejor alternativa de inversión para la línea de lodos.**

Con base en los puntos críticos y al establecimiento de las mejores alternativas, se seleccionó una de ellas, a través de los datos recopilados en la matriz, para elaborar una presentación final del estudio y presentarla ante la gerencia de la empresa.

Cabe destacar, que la elección de la mejor alternativa para el desarrollo de la propuesta, fue aquella que, bajo los requerimientos de la planta, optimizó la utilización del recurso económico de la empresa, reduciendo los costos operacionales de la línea de lodos, con lo que se dió cumplimiento al objetivo de este trabajo de titulación.






## 4 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Etapa 1: Diagnóstico de la línea de lodos

#### 4.1.1. Recopilación de información de cada una de las etapas de la línea de lodos mediante visita a terreno







Para llevar a cabo el diagnóstico de la línea de lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas de Puerto Varas-Llanquihue (en adelante PTAS), se realizó primero una visita a terreno. En dicha visita se llevó a cabo un levantamiento de información respecto a las etapas del proceso de tratamiento de lodos, las cuales fueron previamente identificadas, con sus respectivos equipamientos, lo cual dio como resultado el diagrama de proceso de la línea de lodos como visión actual (tabla 4.1), con base en la nomenclatura de la norma ISO 9000 para diagramas de proceso:

**Tabla N° 4.1:** Diagrama de procesos línea de lodos PTAS Puerto Varas-Llanquihue

N°	Etapas	Proceso	Símbolo	Quién lo hace	Qué hace	Para qué lo hace	Tiempo (h/día)	Observaciones
1	Espesamiento	Sedimentador o Decantador Secundario		Automatizado	Separa el lodo del agua.	Iniciar el tratamiento del lodo.	24	El lodo decanta hacia una purga de lodos y se dirige mediante bombeo a la siguiente fase. El lodo alcanza un 0,8% de reducción de humedad.
2		Espesador Gravitacional		Automatizado	Espesa el lodo por gravedad, separando aún más agua del lodo proveniente del sedimentador.	Deshidratar el lodo.	24	Inicio del deshidratado. El lodo alcanza en esta fase un 2% de reducción de humedad.
3	Deshidratado	Estanque de pre-deshidratado		Automatizado	Almacena el lodo proveniente del espesador.	Dosificar el lodo que llega al filtro de banda.	-	-
4		Preparación de polímero		Operador	Prepara el polímero para ser usado en el filtro de banda.	Deshidratar el lodo y ayudar al funcionamiento del filtro de banda.	24	Se introduce el polímero en estanques, el cual es preparado mediante la acción de una paleta mezcladora accionada por una bomba.
5		Filtro de Banda		Automatizado	Deshidratar el lodo.	Deshidratar el lodo.	8	Segunda fase del deshidratado. El lodo es deshidratado gracias a la acción propia del filtro, y a la introducción de polielectrolito. El lodo alcanza un 20% de reducción de humedad.

Fuente: Elaboración propia. (2016)

**Tabla N° 4.1 - Continuación:** Diagrama de procesos línea de lodos PTAS Puerto Varas-Llanquihue

6	Encalado	Bomba de Tornillo		Automatizado	Transporta el lodo deshidratado en el filtro de banda hasta el encalado.	Transportar el lodo a la siguiente fase.	8	-
7		Silo de Cal		Automatizado	Almacena y distribuye mediante bomba la cal utilizada en el encalado.	Estabilizar el lodo.	8	-
8		Encalado		Automatizado	Estabiliza el lodo, mediante la inyección de cal.	Estabilizar el lodo.	8	El lodo es introducido en una máquina mezcladora para su estabilización.
9	Disposición	Estanque Disposición lodo estabilizado		Automatizado	Almacena el lodo estabilizado.	Almacenar el lodo hasta el retiro.	-	-
10		Retiro de lodo		Operador + Transportista	Retiro de lodo del estanque de disposición.	Aumentar capacidad de almacenamiento para nueva producción de lodo.	-	El lodo cae por gravedad hasta un contenedor para su posterior disposición.
11		Disposición final de lodo		Transportista	Transporta el lodo a un terreno de disposición previamente establecido.	Eliminar el lodo estabilizado.	-	-

Fuente: Elaboración propia. (2016)

Posterior a la confección del diagrama de procesos, se completó la tabla de registro de equipamientos (Tabla 4.2), la cual entregó los costos operacionales en relación a los equipos:

**Tabla N° 4.2:** Tabla de registro de equipamientos en línea de lodos

ETAPA	EQUIPO	FUNCION	INSUMOS	TIEMPO UTILIZACION [h/día]	CONSUMO ELÉCTRICO [kW/día]	COSTO ENERGIA ELECTRICA [\$/día]	COSTO ENERGIA ELECTRICA [\$/año]	VIDA UTIL [AÑOS]
ESPESAMIENTO	SEDIMENTADOR	Separa el lodo del agua.	Energía eléctrica.	24	135,53	\$ 10.571	\$ 3.858.539	10
	ESPESADOR	Espeza el lodo por gravedad, separando aún más agua del lodo proveniente del sedimentador.	Energía eléctrica.	24	44,08	\$ 3.438	\$ 1.254.958	10
DESHIDRATADO	FILTRO BANDA	Deshidrata el lodo.	Poliectrolito, energía eléctrica.	8	95,84	\$ 7.476	\$ 2.728.565	10
	BOMBA TORNILLO	Transporta el lodo deshidratado en el filtro de banda hasta el encalado.	Energía eléctrica.	8	24	\$ 1.872	\$ 683.280	10
ENCALADO	MEZCLADORA	Estabiliza el lodo, mediante la mezcla de lodo y cal.	Cal, energía eléctrica.	8	12	\$ 936	\$ 341.640	10

Fuente: Elaboración propia. (2016)

En el caso del filtro de banda y la máquina mezcladora, presentan consumos de polímero (hipoclorito de calcio - 0,9 kg/día) y de cal (CaO - 35,1 kg/día), lo cual arroja un costo operacional de \$985.000 y \$538.083 respectivamente.

Según información entregada por la empresa, el operador a cargo de la planta realiza informes periódicos en base al funcionamiento mensual de la planta, por lo que la empresa puede llevar a cabo un seguimiento de los procesos que allí se desarrollan.

En su mayoría, las plantas que posee ESSAL S.A. tienen una distribución similar en instalaciones y equipamientos. En el caso de la planta de Puerto Varas-Llanquihue, ésta cuenta con una reja estática, bombas de planta elevadora, sensores de nivel, tecla para izaje de bombas y reja, medidor de caudal electromagnético, sistema compacto de pretratamiento, soplador para desgrasado, estanques reactores, difusores de burbuja fina, sopladores lobulares, sedimentador, puente sedimentador, bombas de cámara de contacto, medidor de ultrasonido de caudal, bombas sumergibles, bombas de tornillo, espesador, puente espesador gravitacional, bombas de tornillo de purga para lodos espesados, estanque floculador, agitador, compresor, filtro de banda, tolva de cal, dosificador en floculador, dilutor de polímero, bomba para aguas filtradas y tableros eléctricos.

Para llenar la tabla de registro se hizo la división del proceso en tres etapas: Espesamiento, Deshidratado y Encalado. Para la elección de equipamientos a analizar, no se escogieron aquellos que la empresa licita en conjunto con dichos equipos, vale decir, bombas hidráulicas o de elevación. Sin embargo, dichos elementos están considerados dentro del gasto energético e insumos.

Además, durante la visita a terreno se efectuó un registro fotográfico de los equipos que presentan aspectos relevantes a considerar para el estudio, los cuales se muestran a continuación:

La figura 4.1 muestra acumulación de musgo en la orilla del espesador gravitacional.



**Figura N° 4.1: Espesador gravitacional PTAS Puerto Varas-Llanquihue.**

*Fuente: Captura propia. (2016)*

La figura 4.2 muestra acumulación de cal viva en la tolva dosificadora.



**Figura N° 4.2: Tolva dosificadora de cal viva PTAS Puerto Varas-Llanquihue.**

*Fuente: Captura propia. (2016)*

#### **4.1.2. Determinación del nivel operativo de la línea de lodos**

Según un estudio económico previo de la planta de tratamiento de aguas servidas Puerto Varas-Llanquihue realizado por la empresa, los costos operacionales totales anuales ascienden a \$65.932.586.

Además, de aquel estudio se extrajo la información sobre los costos operacionales de la línea de lodos, los cuales se ven reflejados en la tabla de registro, y considerando el costo anual de transporte y disposición de lodos de \$3.284.982 los costos ascienden a un total de \$13.675.457.

Comparando dichas cifras se determinó que el nivel operativo de la línea de lodos es de un 20,7% respecto del costo total operacional anual.

Por otra parte, en el desarrollo de éste punto es importante realizar el balance de masas correspondiente a las etapas productoras de lodo (espesamiento y deshidratado), teniendo en cuenta los respectivos equipos involucrados (sedimentador, espesador y filtro de banda).

En la tabla 4.3 se encuentran los tres elementos de la línea de lodos quienes producen directamente el lodo. Para ello, se considera el lodo purgado o sobrenadante, medido en  $[m^3/día]$  para el cálculo del lodo de salida. Además, se muestra el concepto de reducción de humedad alcanzada, el cual indica el porcentaje de compactación del lodo, y dicho porcentaje tiene su correspondencia en  $[kg/m^3]$  de lodo producido.

El lodo de salida disminuye en la medida que el porcentaje de reducción de humedad (PRH) aumenta, por lo que a un mayor PRH tendremos un costo operacional de transporte más bajo.

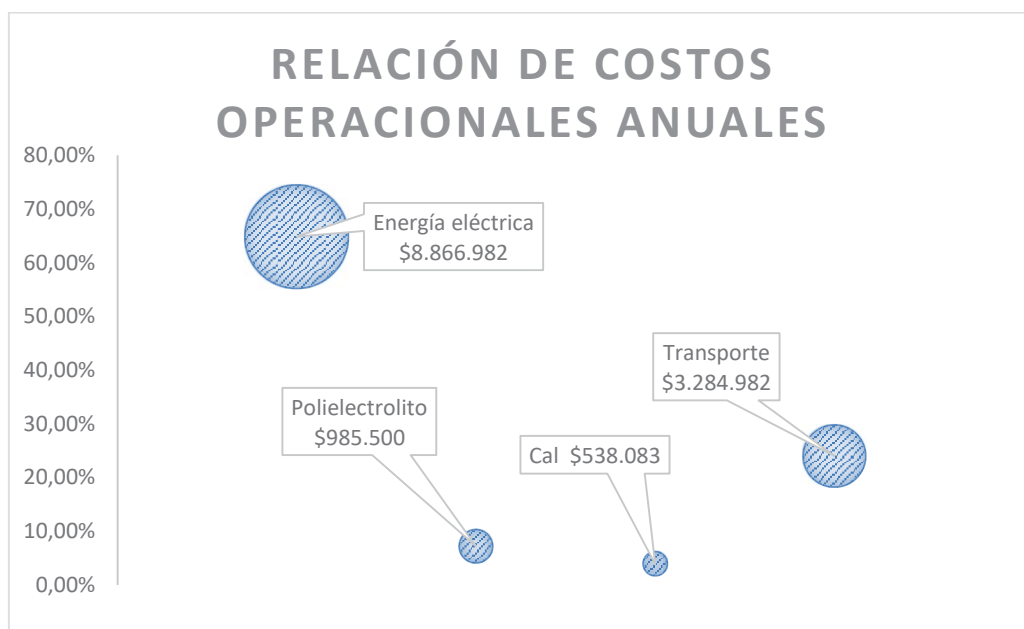
**Tabla N° 4.3:** Balance de masas línea de lodos PTAS

	LODO SALIDA [m <sup>3</sup> /día]	SOBRENADANTE [m <sup>3</sup> /día]	PRH ALCANZADO	LODO PRODUCIDO [kg/m <sup>3</sup> ]
SEDIMENTADOR	13,15	13,15	0,8%	8
ESPEADOR	5,26	7,89	2%	20
FILTRO BANDA	0,526	4,734	20%	200

Fuente: Elaboración propia. (2016)

#### 4.1.3. Definición de variables críticas en la línea de lodos

Con base en las cifras utilizadas en la determinación del nivel operativo de la línea de lodos, se obtiene que, del total de los costos operacionales, la variable que afecta en mayor medida a los costos operacionales es la energía eléctrica, con un 64,84% del total de los costos operacionales de la línea de lodos, y en segundo lugar está la variable Transporte, con un 24,02% del total del costo operacional (Figura 4.3).



**Figura N° 4.3:** Relación de costos operacionales anuales PTAS Puerto Varas-Llanquihue.

Fuente: Elaboración propia. (2016)

Además, se elaboró el gráfico de la figura 4.4 a partir del costo total de insumos por maquinaria:



**Figura N° 4.4: Relación de equipos y costos operacionales PTAS Puerto Varas-Llanquihue.**

*Fuente: Elaboración propia. (2016)*

De donde se puede observar que la mayor incidencia económica está presente en el sedimentador con un 37,14% de los costos operacionales, seguido por el filtro de banda con un 35,74%.

## **4.2 Etapa 2: Evaluación técnica de la línea de lodos**

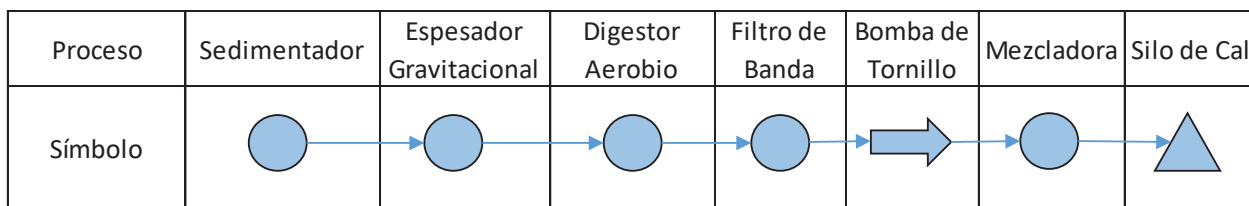
### **4.2.1. Identificación de alternativas de inversión para la línea de lodos**

Primero, es necesario aclarar que el proceso de tratamiento que se lleva a cabo en la planta posee una componente fija, que es el sedimentador o decantador secundario, ya que éste es parte además de la línea de aguas de la planta.

Bajo dicha condición, se establecen los siguientes escenarios con distintas alternativas tecnológicas para la línea de lodos:

- a) **Alternativa 1 “PTAS Puerto Varas-Llanquihue con su configuración actual más Digestor Aerobio”:** Este escenario está compuesto por el Sedimentador, Espesador Gravitacional, Digestor Aerobio, Filtro de Banda, Bomba Tornillo, Mezcladora Lodo-Cal y Silo de Cal. El escenario propone la adición de un Digestor Aerobio, puesto que aumentará el PRH del lodo de un 0,8% a un 3%. La configuración de esta alternativa se presenta en la tabla 4.4:

**Tabla N° 4.4:** Configuración Alternativa 1



*Fuente: Elaboración propia (2016)*

Para dicho escenario las especificaciones técnicas respecto del Digestor Aerobio se detallan en la tabla 4.5:

**Tabla N° 4.5:** Valores de diseño para Digestor Aerobio circular PTAS Puerto Varas-Llanquihue

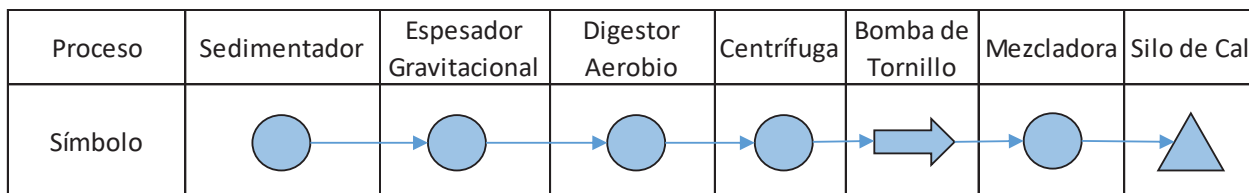
Ítem	Cantidad	Unidad
<b>Diámetro</b>	4	m
<b>Altura</b>	7	m
<b>Paredes</b>	88	m <sup>2</sup>
<b>Fondo</b>	12,6	m <sup>2</sup>
<b>Volumen Hormigón</b>	27,64601535	m <sup>3</sup>
<b>Costo Hormigón H-30</b>	450.000	\$/m <sup>3</sup>
<b>Costo Total Obra Civil</b>	12.440.707	\$

*Fuente: Departamento de Ingeniería (ESSAL S.A., 2016)*

Además, debe tenerse en cuenta que para el accionar del digestor aerobio se necesita un agitador de lodos (TSURUMI), el cual requiere una potencia de 1,5 [kWh] para operar durante 8 horas al día, y operar durante 30 días al mes, lo cual suma un total de 4.320 [kWh] al año. (ESSAL S.A., 2016).

- a) **Alternativa 2 “PTAS Puerto Varas-Llanquihue con reemplazo de Filtro Banda por Centrífuga más Digestor Aerobio”:** Este escenario está compuesto por el Sedimentador, Espesador Gravitacional, Digestor Aerobio, Centrífuga, Bomba Tornillo, Mezcladora Lodo-Cal y Silo de Cal. El escenario propone la adición de un Digestor Aerobio, aumentando el PRH del lodo de un 0,8% a un 3%, y el reemplazo del Filtro Banda por Centrífuga, lo cual aumenta el PRH del lodo de un 20% a un 35%. La configuración de esta alternativa se presenta en la tabla 4.6:

**Tabla N° 4.6:** Configuración Alternativa 2



*Fuente: Elaboración propia (2016)*

Para dicho escenario las especificaciones técnicas respecto de la Centrífuga se detallan en la tabla 4.7:

**Tabla N° 4.7:** Especificaciones técnicas Decanter D4L – Centrífuga

Ítem	Cantidad	Unidad
<b>Caudal</b>	21-24	m <sup>3</sup> /h
<b>Consumo polímero</b>	10-11	kg/t de residuo sólido
<b>Tamaño (Largo/Ancho/Alto)</b>	3390/1100/1496	mm
<b>Peso</b>	3000	kg
<b>Diámetro Interno</b>	430	mm
<b>Velocidad máxima</b>	3000	rpm
<b>Temperatura máxima</b>	80	°C
<b>Velocidad de la cuenca + velocidad de desplazamiento ajustable mediante inversor de frecuencia</b>	30	kW
<b>Motor principal + inversor de frecuencia</b>	7,5	kW

*Fuente: Cotización Andritz Chile Ltda. (ESSAL S.A., 2015)*

**Tabla N° 4.7 - Continuación:** Especificaciones técnicas Decanter D4L – Centrífuga

<b>Motor secundario (Generador) + inversor de frecuencia ciclo reductor, torque nominal</b>	5000	Nm
<b>Voltaje</b>	400	V
<b>Frecuencia</b>	50	Hz
<b>Velocidad</b>	1500	rpm
<b>CentriTune</b>	Control lógico programable para la funcionalidad del núcleo de la centrífuga, incluyendo interfaz humano-máquina para operación y monitoreo.	
<b>Evacuación de aire</b>	200	m <sup>3</sup> /h
<b>Promedio de emisión calorífica</b>	3010	kcal/h

*Fuente: Cotización Andritz Chile Ltda. (ESSAL S.A., 2015)*

Además, en la tabla 4.8 se presentan el costo unitario, puesta en marcha del equipo, capacitación para operadores, mantención preventiva y servicio técnico por parte de la empresa. Para el cálculo de EUR a CLP se consideró 1 Euro = CLP720 aprox, al 25-11-2016.

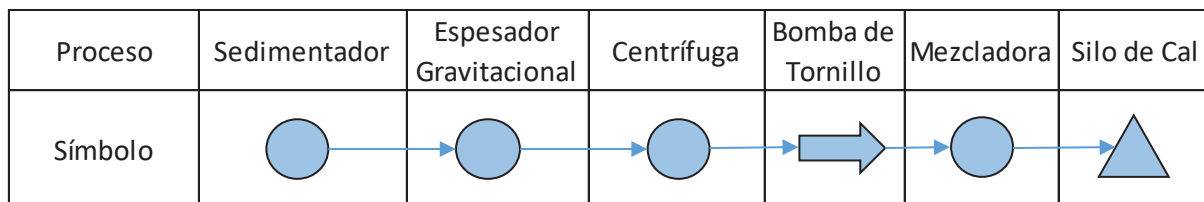
**Tabla N° 4.8:** Lista de precios Andritz Chile Ltda. para Decanter D4L – Centrífuga

<b>Ítem</b>	<b>Euro (€)</b>	<b>CLP (\$)</b>
<b>Centrífuga DECANter D4L</b>	72.500	51.680.000
<b>Puesta en marcha del equipo y capacitación para operadores + Mantención preventiva (3000 y 6000 horas de operación), visita técnica para mantención de 3000 horas de operación, visita técnica 6000 horas de operación (Repuestos y Servicio incluido).</b>	5800	4.176.000

*Fuente: Cotización Andritz Chile Ltda. (ESSAL S.A., 2015)*

b) **Alternativa 3 “PTAS Puerto Varas-Llanquihue con reemplazo de Filtro Banda por Centrífuga”:** Este escenario está compuesto por el Sedimentador, Espesador Gravitacional, Centrífuga, Bomba Tornillo, Mezcladora Lodo-Cal y Silo de Cal. El escenario propone el reemplazo del Filtro Banda por Centrífuga, lo cual aumenta el PRH del lodo de un 20% a un 35%. Para esta alternativa se utiliza la misma configuración de la situación actual, cambiando solamente el Filtro de Banda por Centrífuga, a diferencia de la etapa 2 en la que, además, se consideró el Digestor Aerobio. La configuración de esta alternativa se presenta en la tabla 4.9:

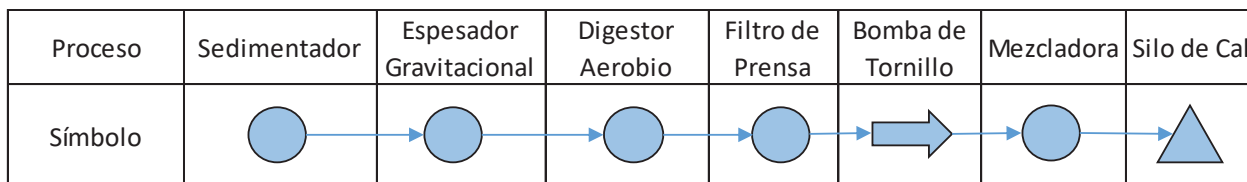
**Tabla N° 4.9:** Configuración Alternativa 3



*Fuente: Elaboración propia (2016)*

c) **Alternativa 4 “PTAS Puerto Varas-Llanquihue con reemplazo de Filtro Banda por Filtro Prensa más Digestor Aerobio”:** Este escenario está compuesto por el Sedimentador, Espesador Gravitacional, Digestor Aerobio, Filtro Prensa, Bomba Tornillo, Mezcladora Lodo-Cal y Silo de Cal. El escenario propone la adición de un Digestor Aerobio, aumentando el PRH del lodo de un 0,8% a un 3%, y el reemplazo del Filtro Banda por Filtro Prensa, lo cual aumenta el PRH del lodo de un 20% a un 40%. La configuración de esta alternativa se presenta en la tabla 4.10:

**Tabla N° 4.10:** Configuración Alternativa 4



*Fuente: Elaboración propia (2016)*

Para dicho escenario las especificaciones técnicas respecto del Filtro de Prensa se detallan en la tabla 4.11:

**Tabla N° 4.11:** Especificaciones técnicas Filtro Prensa APN16Q (TH Minerals)

Ítem	Cantidad
Tamaño torta (mm)	1350 x 1350
Número de tortas (u)	4

*Fuente: Cotización TH Minerals (ESSAL S.A., 2016)*

**Tabla N° 4.11 - Continuación: Especificaciones técnicas Filtro Prensa APN16Q (TH Minerals)**

<b>Superficie filtrante (m<sup>2</sup>)</b>	14,6
<b>Precisión del cilindro hidráulico (bar)</b>	240
<b>Potencia instalada (kW)</b>	2
<b>Dimensiones (mm) Largo x Ancho x Alto</b>	2.100 x 1.960 x 220
<b>Aire comprimido sin secado (NL/min)</b>	190
<b>Aire comprimido con secado (NL/min)</b>	760
<b>Tanque de aire comprimido (NL)</b>	500
<b>Peso (kg)</b>	11.000

*Fuente: Cotización TH Minerals (ESSAL S.A., 2016)*

Además, en la tabla 4.12 se presenta el costo unitario del Filtro Prensa, para el cálculo de EUR a CLP se consideró 1 Euro = CLP720 aprox, al 25-11-2016.

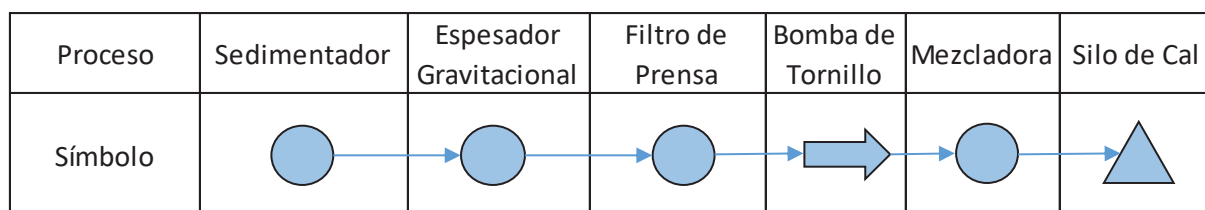
**Tabla N° 4.12: Lista de precios TH Minerals APN16Q – Filtro Prensa**

<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (EUR)</b>	<b>Precio Total (CLP+IVA)</b>
<b>Filtro Prensa APN16Q</b>	1	52.520	45.000.000

*Fuente: Cotización TH Minerals (ESSAL S.A., 2016)*

- d) **Alternativa 5 “PTAS Puerto Varas-Llanquihue con reemplazo de Filtro Banda por Filtro Prensa”**: Este escenario está compuesto por el Sedimentador, Espesador Gravitacional, Filtro Prensa, Bomba Tornillo, Mezcladora Lodo-Cal y Silo de Cal. El escenario propone el reemplazo del Filtro Banda por Filtro Prensa, lo cual aumenta el PRH del lodo de un 20% a un 40%. Para esta alternativa se utiliza la misma configuración de la situación actual, cambiando solamente el Filtro de Banda por Filtro de Prensa, a diferencia de la etapa 4 en la que, además, se consideró el Digestor Aerobio. La configuración de esta alternativa se presenta en la tabla 4.13:

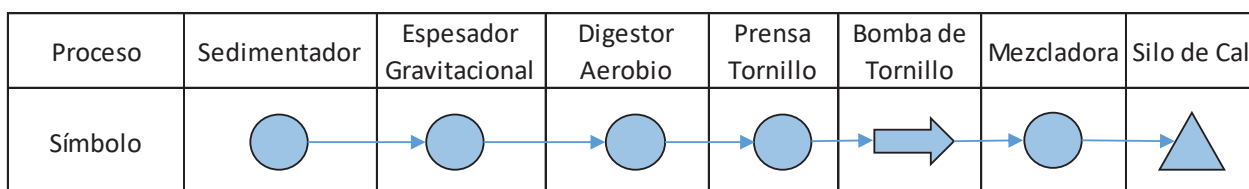
**Tabla N° 4.13:** Configuración Alternativa 5



Fuente: Elaboración propia (2016)

e) **Alternativa 6 “PTAS Puerto Varas-Llanquihue con reemplazo de Filtro Banda por Prensa Tornillo más Digestor Aerobio”:** Este escenario está compuesto por el Sedimentador, Espesador Gravitacional, Digestor Aerobio, Prensa Tornillo, Bomba Tornillo, Mezcladora Lodo-Cal y Silo de Cal. El escenario propone la adición de un Digestor Aerobio, aumentando el PRH del lodo de un 0,8% a un 3%, y el reemplazo del Filtro Banda por una Prensa Tornillo, lo cual aumenta el PRH del lodo de un 20% a un 21%. La configuración de esta alternativa se presenta en la tabla 4.14:

**Tabla N° 4.14:** Configuración Alternativa 6



Fuente: Elaboración propia (2016)

Para dicho escenario las especificaciones técnicas respecto del Filtro de Prensa se detallan en la tabla 4.15:

**Tabla N° 4.15:** Especificaciones técnicas Prensa Tornillo ALDRUM G3 (Alfa Laval)

Ítem	Unidad
<b>Tambor espesador</b>	ALDRUM G3 MAXI
<b>Diámetro</b>	750 mm
<b>Longitud con mixer y floculador</b>	4850 mm
<b>Peso (aldrum + floculador)</b>	1200 Kg
<b>Motor principal Gear motor</b>	1,5 kW
<b>Material</b>	Acero inoxidable 316
<b>Capacidad Volumétrica total (m3/h)</b>	15
<b>Carga. Sólidos (kg/h)</b>	300
<b>Reducción de humedad Queque (%) (Varía depende el proceso)</b>	4 a 6

Fuente: Cotización Alfa Laval (ESSAL S.A., 2016)

Además, en la tabla 4.16 se presenta el costo unitario de la Prensa Tornillo, para el cálculo de EUR a CLP se consideró 1 Euro = CLP720 aprox, al 25-11-2016.

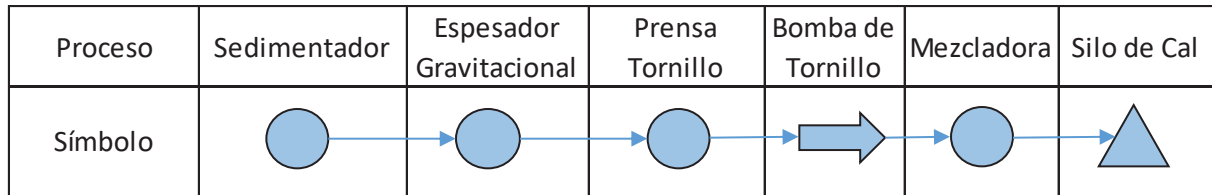
**Tabla N° 4.16:** Lista de precios Alfa Laval para ALDRUMG3 – Prensa Tornillo

Ítem	Equipos	Cantidad	Precio unitario Budget (EUR)	Precio Total Budget (EUR)	Precio Total Budget (CLP+IVA)
<b>1</b>	Aldrum G3 MAXI en acero inoxidable 316 con estanque floculador, con válvula de mezcla en línea, con panel BCC y herramientas de instalación	1	32.900	32.900	28.188.720
<b>3</b>	Inspección, Puesta en marcha y capacitación.	3 días	1.500	4.500	3.855.600
<b>TOTAL</b>				37.400	32.044.320

*Fuente: Cotización Alfa Laval (ESSAL S.A., 2016)*

- f) **Alternativa 7 “PTAS Puerto Varas-Llanquihue con reemplazo de Filtro Banda por Prensa Tornillo”:** Este escenario está compuesto por el Sedimentador, Espesador Gravitacional, Prensa Tornillo, Bomba Tornillo, Mezcladora Lodo-Cal y Silo de Cal. El escenario propone el reemplazo del Filtro Banda por una Prensa Tornillo, lo cual aumenta el PRH del lodo de un 20% a un 21%. Para esta alternativa se utiliza la misma configuración de la situación actual, cambiando solamente el Filtro de Banda por Prensa de Tornillo, a diferencia de la etapa 6 en la que, además, se consideró el Digestor Aerobio. La configuración de esta alternativa se presenta en la tabla 4.17:

**Tabla N° 4.17: Configuración Alternativa 7**



Fuente: Elaboración propia (2016)

#### 4.2.2. Análisis de aspectos técnicos de alternativas de inversión

Para la selección de alternativas tecnológicas es necesario comparar las especificaciones técnicas de cada una de ellas. Las especificaciones presentadas en la tabla 4.18, exceptuando los montos de inversión, fueron extraídas del catálogo de tecnologías de deshidratado serie Europress de ALFA LAVAL, uno de los proveedores de ESSAL S.A.:

**Tabla N° 4.18: Tecnologías de deshidratación de fangos**

	Centrífuga	Filtro Banda	Prensa Tornillo	Filtro Prensa
% Reducción Humedad torta	Buena	Buena	Suficiente	Muy alta
Consumo de polímero	Medio-Alto	Bajo	Muy alto	Muy bajo
Recuperación	Buena	Buena	Aceptable	Muy buena
Capacidades de operación	Max 200 [m <sup>3</sup> /h]	Max 30 [m <sup>3</sup> /h]	Max 25 [m <sup>3</sup> /h]	Producción en discontinuo
Obra civil necesaria	Escaso espacio necesario (solo consideraciones de cargas dinámicas)	Requerimientos medios	Requerimientos medios	Gran espacio necesario (doble piso)
Necesidades de operación	Mínimo: totalmente automatizado	Atención ocasional	Mínimo: totalmente automatizado	Intervención manual durante descarga
Desodorización	Mínimo, totalmente cerrado	Ejecución cerrada disponible	Aislamiento requiere mucho espacio disponible	Abierto
Consumo energético	Alto, 1 [kWh/m <sup>3</sup> ]	Bajo, 0,3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	Muy bajo, 0,2 [kWh/m <sup>3</sup> ]	Medio aprox. 0,8 [kWh/m <sup>3</sup> ]
Mantenimiento	Bajo (Kit Mayor cada 2 años)	Bajo (cambio de telas anual)	Muy bajo (Kit Mayor cada 2 años)	Medio (reposición de telas filtrantes anualmente)
Consumo de agua	Muy bajo	Alto, lavado en continuo	Bajo	Bajo a medio
Inversión	\$ 51.680.000	\$ 45.000.000	\$ 32.044.320	\$ 45.000.000

Fuente: Elaboración propia con base en ALFA LAVAL (2016)

En primera instancia se puede inferir de la tabla anterior, que la Prensa de Tornillo presenta el menor consumo eléctrico (0,2 kW/m<sup>3</sup>), seguido por el Filtro de Banda (0,3 kW/m<sup>3</sup>), el Filtro de Prensa (0,8 kW/m<sup>3</sup>), y finalmente la Centrífuga (1 kW/m<sup>3</sup>). Sin embargo, cuando de reducción de humedad de la Torta se trata, el orden cambia notoriamente, siendo el Filtro de Prensa (40% aprox.), seguido por la Centrífuga (35% aprox.), el Filtro de Banda (20% aprox.) y finalmente la Prensa de Tornillo (21% aprox.). Como se

mencionó en el apartado anterior, a mayor PRH es menor la cantidad de lodo que sale del sistema, afectando directamente a los costos de transporte, lo cual lleva a concluir que no sólo el consumo eléctrico debe tenerse en cuenta a la hora de analizar las especificaciones técnicas de cada alternativa, sino también cada una de sus componentes.

Además, la vida útil de cada uno de los equipos se asigna en base al rango de vida útil por activos de la empresa, el cual se detalla en la tabla 4.19:

**Tabla N° 4.19:** Rango de vida útil (en años) por tipo de activos

<b>Activo</b>	<b>Vida útil Mínima (años)</b>	<b>Vida útil Máxima (años)</b>
Edificios	25	80
Instalaciones fijas y accesorios	5	80
Planta y equipo	5	50
Equipamientos de tecnologías de la información	4	4
Vehículos de motor	7	10
Mejoras de bienes arrendados	5	5
Otras propiedades, planta y equipo	5	80

*Fuente: ESSAL S.A. (2015)*

### **4.3 Etapa 3: Evaluación económica de la línea de lodos**

---

#### **4.3.1. Análisis incremental de alternativas de inversión para la línea de lodos**

Antes de comenzar el análisis incremental de las alternativas tecnológicas escogidas, se tabularon los costos de compra de cada uno de sus componentes y se calculó un costo de mantención para cada alternativa.

Para esta investigación, las variables Polielectrolito y Cal (CaO) no presentan cambios, ya que dentro de los equipos evaluados no se consideró la variación en el manejo de insumos químicos, por ser aquellas variables que menos inciden en los costos operacionales totales anuales.

Se formuló también un flujo de caja para cada alternativa, el cual considera además un ajuste anual a partir del año 2 por las fluctuaciones económicas globales, lo que entregó la configuración necesaria para calcular el VAN de cada alternativa.

Cabe señalar, que la tasa de descuento utilizada fue extraída de los balances financieros de la empresa del año 2016, y la tasa de impuesto a la renta se obtuvo desde el Servicio de Impuestos Internos (SII) hasta el año 2018, desde donde se proyectó hasta el 2026, llegando a un 33,5%.

Para la confección de cada flujo de caja existen ciertas consideraciones que se tomaron en cuenta, las cuales se presentan en la tabla 4.20:

**Tabla N° 4.20:** Configuración de consideraciones especiales para la formulación del flujo de caja

Ítem	Cantidad	Unidad
Tasa descuento	4,7	%
Deuda	40	%
Capital propio	60	%
Ajuste ingreso anual	3	%
Ajuste costos anuales	3	%
Interés Deuda	13,8	% anual
Sueldo Operario	600.000	\$/mes
Eventualidades	600.000	\$
Capital de Trabajo	1.200.000	\$
Mantenición Digestor	10.000	\$/año
Mantenición Filtro Banda	10.000	\$/año
Horas de mantención Digestor y Filtro Banda	2	h/mantención
Mantenciones Digestor y Filtro Banda	2	Mantenciones/año
Mantenición Centrífuga (Andritz Chile Ltda.)	4.176.000	\$/año
Mantenciones Mezcladora Lodo-Cal, Silo, Filtro Prensa y Prensa Tornillo	2	Mantenciones/año
Mantenciones Mezcladora Lodo-Cal, Silo, Filtro Prensa y Prensa Tornillo	500.000	\$/mantención

*Fuente: Elaboración propia (2016)*

En el cálculo del beneficio de cada alternativa se utiliza un valor fijo, ya que la empresa por concepto de prestadora de servicios cobra un cargo fijo por cliente de 712 [\$/mes] y por alcantarillado cobra 826,36 [\$/m<sup>3</sup>], arrojando un total por cliente de 1.538,36 [\$/mes].

Para el cálculo de  $[m^3/\text{cliente/año}]$  se tomó en cuenta que la población total a la que surte la planta es de 98.427 habitantes. A su vez, la producción de lodo de la planta es de 0,526  $[m^3/h]$ . Con éstos datos se pudo formular la tabla 4.21:

**Tabla N° 4.21:** Cálculo de metros cúbicos de lodo producidos por cliente al año

<b>Producción</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>Lodo por hora</b>	0,526
<b>Lodo diario</b>	10,52
<b>Lodo anual</b>	315,6
<b>Por cliente al mes</b>	0,0032
<b>Por cliente al año</b>	0,038

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Una vez obtenido el cálculo de la producción por cliente al año, se continuó con el del beneficio anual por alternativa, el cual considera el costo fijo mensual presente en cada boleta, el costo variable calculado como el cociente del precio por metro cúbico por concepto de alcantarillado y la producción por cliente por año, para obtener el beneficio total anual en relación a la línea de lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas Puerto Varas-Llanquihue, el cual se refleja en la tabla 4.22:

**Tabla N° 4.22:** Cálculo del beneficio total anual de la línea de lodos de la planta

<b>Ítem</b>	<b>\$</b>
Costo Fijo Mensual	712
Costo Variable $[m^3]$	826
Costo Total Cliente Mensual	715
Costo Total Cliente Anual	8.576
Beneficio Total	844.089.879

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Como resultado, obtenemos que el beneficio asciende a un total de 844.089.879  $[\$/año]$ . Los datos fueron obtenidos de la tarifa vigente de ESSAL S.A. al 8 de enero de 2016 (SISS, 2016).

A continuación, se presentan los cálculos de cada alternativa:

**a) Alternativa 1 “PTAS Puerto Varas-Llanquihue con su configuración actual más Digestor Aerobio”**

Se comienza el análisis económico por alternativa, tabulando los componentes y sus respectivos precios unitarios como se presenta en la tabla 4.23:

**Tabla N° 4.23:** Costos de adquisición de la alternativa 1

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total Adquisición (\$)</b>
<b>Puente espesador</b>	1	19.000.000	19.000.000
<b>Bomba Cavidad Progresiva Lodos Espesador a Digestor</b>	1	2.500.000	2.500.000
<b>Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alim a Filtro Banda</b>	1	1.670.900	1.670.900
<b>Agitador Estanque Lodos</b>	1	400.000	400.000
<b>Filtro Banda</b>	1	45.000.000	45.000.000
<b>Medidor Caudal Electromagnético</b>	1	2.424.000	2.424.000
<b>Preparador de polímero</b>	1	14.000.000	14.000.000
<b>Bomba aguas de cola</b>	2	3.250.000	6.500.000
<b>Dilutor de polímero</b>	1	4.000.000	4.000.000
<b>Bomba dosificadora de polímero</b>	2	1.100.000	2.200.000
<b>Tornillo Mezclador</b>	1	17.000.000	17.000.000
<b>Tornillo Transportador</b>	1	19.000.000	19.000.000
<b>Tolva Dosificadora de Cal</b>	1	7.000.000	7.000.000
<b>Vibrador Tolva</b>	1	700.000	700.000
<b>Bomba Sumergible Aguas Retorno</b>	2	800.000	1.600.000
<b>Sensor de nivel (bajo y alto)</b>	2	200.000	400.000
<b>Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección</b>	2	1.100.000	2.200.000
<b>Obra Civil Digestor</b>	-	12.440.707	12.440.707
<b>Obra Civil Silo</b>	-	9.350.130	9.350.130
<b>Costo Mantenición</b>	-	-	1.020.000
<b>Costo Total Alternativa</b>	-	-	178.055.607

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Una vez tabulados los datos, se procede a confeccionar el flujo de caja, mediante el cálculo de los costos fijos, inversión inicial, préstamo bancario y depreciaciones.

Para la primera alternativa, se muestra en la tabla 4.24 el flujo de caja del inversionista desde el año 1 hasta el 10:

**Tabla N° 4.24: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 1**

FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA					
		2017	2018	2019	2026
DETALLE	AÑO0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 10
Ingresos por Cobros		\$ 844.089.879	\$ 869.412.575	\$ 895.494.953	\$ 1.101.345.839
Costos Operacionales		-\$ 7.550.463	-\$ 7.701.473	-\$ 7.932.517	-\$ 9.755.995
Intereses Préstamo		\$ 19.371.141	\$ 19.371.141	\$ 19.371.141	
Depreciación		-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>		<b>\$ 839.171.983</b>	<b>\$ 864.343.670</b>	<b>\$ 890.195.003</b>	<b>\$ 1.074.851.270</b>
Tasa Impuesto Renta		25,0%	25,5%	27,0%	33,5%
Impuesto Renta		\$ 209.792.996	\$ 220.407.636	\$ 240.352.651	\$ 360.075.175
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 629.378.987</b>	<b>\$ 643.936.034</b>	<b>\$ 649.842.352</b>	<b>\$ 714.776.095</b>
Depreciación		\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574
Inversión Inicial	-\$ 168.405.737				
Inversión en Cap. De Trabajo	-\$ 1.200.000				\$ 1.200.000
Préstamo	\$ 68.000.000				
Amortización Deuda		-\$ 6.702.415	-\$ 9.236.160	-\$ 11.769.905	
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-\$ 101.605.737</b>	<b>\$ 639.415.146</b>	<b>\$ 651.438.448</b>	<b>\$ 654.811.021</b>	<b>\$ 732.714.669</b>

Fuente: Elaboración Propia (2016)

Los costos operacionales son determinados a través del cálculo del consumo energético, consumo de químicos y transporte. Dichos cálculos se presentan en las tablas 4.25, 4.26, 4.27 y 4.28:

**Tabla N° 4.25: Cálculo consumo eléctrico alternativa 1**

EQUIPO	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Potencia Instalada kW	Equipos Operando	Hrs Operación	Consumo kW/día	día/mes	Consumo anual (kWh/mes)	Consumo anual (kWh/año)
<b>TRATAMIENTO BIOLÓGICO</b>									
Puente sedimentador	1	0,37	0,37	0,37	24,00	3,29	30,00	99	1.183
<b>TRATAMIENTO DE LODOS</b>									
Puente espesador	1	0,37	0,37	1,00	24,00	8,88	30,00	266	3.197
Bomba Cavidad Progresiva Lodos Espesador a Tam	2	2,20	4,40	1,00	8,00	17,60	24,00	422	5.069
Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alim a Filtro de	2	2,20	4,40	1,00	8,00	17,60	24,00	422	5.069
<b>DESHDRATADO DE LODOS</b>									
Agitador Estanque Lodos	1	1,50	1,50	1,00	8,00	12,00	30,00	360	4.320
Filtro de Banda	1	8,20	8,20	1,00	8,00	65,60	24,00	1.574	18.893
Medidor de Caudal Electromagnético	1	0,10	0,10	1,00	8,00	0,80	24,00	19	230
Bomba aguas de cola	1	0,75	0,75	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Dilutor de Polimero	1	0,75	0,75	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Bomba dosif. Polimero	2	0,75	1,50	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
<b>ENCALADO DE LODOS</b>									
Tornillo Mezclador	1	1,50	1,50	1,00	8,00	12,00	0,00	0	0
Tornillo Transportador	1	1,50	1,50	1,00	8,00	12,00	0,00	0	0
Toiva Dosificador de cal	1	0,37	0,37	1,00	8,00	2,96	0,00	0	0
Vibrador Tolva	1	0,18	0,18	1,00	8,00	1,44	24,00	35	415
Bomba sumergible aguas retorno	2	0,75	1,50	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
<b>DESINFECCIÓN</b>									
Bomba dosificadora hipoclorito Desinfeccion	2	0,01	0,02	1,00	24,00	0,24	30,00	7	86
<b>Total</b>						<b>178</b>	<b>336</b>	<b>3.781</b>	<b>45.374</b>

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.26:** Consumo de químicos alternativa 1

Consumo Reactivos	kg/día	kg/mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Polimero	0,9	28	3000	\$/kg	\$ 84.230	\$ 1.010.764
Cal	35,1	1053	42	\$/kg	\$ 44.221	\$ 530.651
					Total	\$ 1.541.414

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.27:** Costos de transporte alternativa 1

Transporte de Lodos	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Transporte y Disposición	0,46	13,7	15000	\$/m <sup>3</sup>	\$ 205.826	\$ 2.469.913

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.28:** Costos de electricidad de la alternativa 1

Consumo energía eléctrica	kWh/mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Energía	<b>3781</b>	78	\$/kWh	\$ 294.928	\$ 3.539.136

Fuente: Elaboración Propia (2016)

La suma anual de gastos operacionales asciende a \$7.550.463.

Para el cálculo del préstamo, se trabajó con un crédito a 60 meses del Banco de Chile y se procedió a calcular las cuotas anuales. Los detalles se presentan en las tablas 4.29 y 4.30:

**Tabla N° 4.29:** Cálculo préstamo de la alternativa 1

Préstamo (\$)	\$ 68.000.000	pesos
Cuotas	60	meses
Periodo	5	años
Tasa de Interés	13,08%	anual
Cuota	\$ 19.371.141	anual
Total Crédito	\$ 96.855.704	periodo

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.30:** Cálculo de cuotas alternativa 1

Cuotas	Pago Cuota	Cuota de Capital	Cuota Interés	Deuda Extinguida	Deuda Residual
0					\$ 96.855.704
1	\$ 19.371.141	\$ 6.702.415	\$ 12.668.726	\$ 6.702.415	\$ 77.484.563
2	\$ 19.371.141	\$ 9.236.160	\$ 10.134.981	\$ 15.938.575	\$ 58.113.422
3	\$ 19.371.141	\$ 11.769.905	\$ 7.601.236	\$ 27.708.479	\$ 38.742.282
4	\$ 19.371.141	\$ 14.303.651	\$ 5.067.490	\$ 42.012.130	\$ 19.371.141
5	\$ 19.371.141	\$ 16.837.396	\$ 2.533.745	\$ 58.849.526	\$ -

Fuente: Elaboración Propia (2016)

En la tabla 4.31 se refleja el cálculo lineal de la depreciación desde el año 1 hasta el 10:

**Tabla N° 4.31:** Depreciación lineal componentes de la alternativa 1

	Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 10
Puente espesador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Bomba Cavidad Progresiva Lodos Espesador a Digestor	10	\$ 2.500.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000
Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alim a Filtro Banda	10	\$ 1.670.900	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090
Agitador Estanque Lodos	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Filtro Banda	10	\$ 45.000.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
Medidor Caudal Electromagnético	10	\$ 2.424.000	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400
Preparador de polímero	10	\$ 14.000.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
Bomba aguas de cola	10	\$ 6.500.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000
Dilutor de polímero	10	\$ 4.000.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000
Bomba dosificadora de polímero	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Tornillo Mezclador	10	\$ 17.000.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Tornillo Transportador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Tolva Dosificadora de Cal	10	\$ 7.000.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
Vibrador Tolva	10	\$ 700.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000
Bomba Sumergible Aguas Retorno	10	\$ 1.600.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000
Sensor de nivel (bajo y alto)	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Digestor	10	\$ 12.440.707	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071
Silo Cal	10	\$ 9.350.130	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013
<b>Total Depreciación Anual</b>			<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Es necesario destacar, que cada uno de los equipos se depreció con los datos utilizados de la empresa respecto a la vida útil de los equipos.

Para éste flujo de caja, el VAN se calculó en \$36.926.419 y la TIR es de un 631%, con una tasa de descuento del 4,7%.

**b) Alternativa 2 “PTAS Puerto Varas-Llanquihue con reemplazo de Filtro Banda por Centrífuga más Digestor Aerobio”**

Se comienza el análisis económico por alternativa, tabulando los componentes y sus respectivos precios unitarios como se presenta en la tabla 4.32:

**Tabla N° 4.32:** Costos de adquisición de la alternativa 2

Componentes	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total Adquisición (\$)
<b>Puente espesador</b>	1	19.000.000	19.000.000
<b>Bomba cavidad progresiva lodos espesador a digestor</b>	1	2.500.000	2.500.000

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

**Tabla N° 4.32 – Continuación: Costos de adquisición de la alternativa 2**

<b>Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alim a Centrífuga</b>	1	1.670.900	1.670.900
<b>Agitador Estanque Lodos</b>	1	400.000	400.000
<b>Centrífuga DECANter D4L</b>	1	51.680.000	51.680.000
<b>Medidor Caudal Electromagnético</b>	1	2.424.000	2.424.000
<b>Preparador de polímero</b>	1	14.000.000	14.000.000
<b>Bomba aguas de cola</b>	2	3.250.000	6.500.000
<b>Dilutor de polímero</b>	1	4.000.000	4.000.000
<b>Bomba dosificadora de polímero</b>	2	1.100.000	2.200.000
<b>Tornillo Mezclador</b>	1	17.000.000	17.000.000
<b>Tornillo Transportador</b>	1	19.000.000	19.000.000
<b>Tolva Dosificadora de Cal</b>	1	7.000.000	7.000.000
<b>Vibrador Tolva</b>	1	700.000	700.000
<b>Bomba Sumergible Aguas Retorno</b>	2	800.000	1.600.000
<b>Sensor de nivel (bajo y alto)</b>	2	200.000	400.000
<b>Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección</b>	2	1.100.000	2.200.000
<b>Obra Civil Digestor</b>	-	12.440.707	12.440.707
<b>Obra Civil Silo</b>	-	9.350.130	9.350.130
<b>Costo Mantenimiento</b>	-	-	4.696.000
<b>Costo Total Alternativa</b>	-	-	188.901.607

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Una vez tabulados los datos, se procede a confeccionar el flujo de caja, mediante el cálculo de los costos fijos, inversión inicial, préstamo bancario y depreciaciones.

Para la primera alternativa, se muestra en la tabla 4.33 el flujo de caja del inversionista desde el año 1 hasta el 10:

Tabla N° 4.33: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 2

FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA					
		2017	2018	2019	2026
DETALLE	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 10
Ingresos por Cobros		\$ 844.089.879	\$ 869.412.575	\$ 895.494.953	\$ 1.101.345.839
Costos Operacionales		-\$ 6.449.699	-\$ 6.643.190	-\$ 6.842.486	-\$ 8.415.395
Interés Préstamo		-\$ 21.650.099	-\$ 21.650.099	-\$ 21.650.099	
Depreciación		-\$ 17.406.574	-\$ 17.406.574	-\$ 17.406.574	-\$ 17.406.574
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>		<b>\$ 798.583.508</b>	<b>\$ 823.712.713</b>	<b>\$ 849.595.795</b>	<b>\$ 1.075.523.871</b>
Tasa Impuesto Renta		25,0%	25,5%	27,0%	33,5%
Impuesto Renta		\$ 199.645.877	\$ 210.046.742	\$ 229.390.865	\$ 360.300.497
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 598.937.631</b>	<b>\$ 613.665.971</b>	<b>\$ 620.204.930</b>	<b>\$ 715.223.374</b>
Depreciación		\$ 17.406.574	\$ 17.406.574	\$ 17.406.574	\$ 17.406.574
Inversión Inicial	-\$ 188.901.607				
Inversión en Cap. De Trabajo	-\$ 1.200.000				\$ 1.200.000
Préstamo	\$ 76.000.000				
Amortización Deuda		-\$ 7.490.935	-\$ 10.322.767	-\$ 13.154.600	
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-\$ 114.101.607</b>	<b>\$ 608.853.270</b>	<b>\$ 620.749.778</b>	<b>\$ 624.456.904</b>	<b>\$ 733.829.947</b>

Fuente: Elaboración Propia (2016)

Los costos operacionales son determinados a través del cálculo del consumo energético, consumo de químicos y transporte. Dichos cálculos se presentan en las tablas 4.34, 4.35, 4.36 y 4.37:

Tabla N° 4.34: Cálculo consumo eléctrico alternativa 2

EQUIPO	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Potencia Instalada kW	Equipos Operando	Hrs Operación	Consumo kW/día	día/mes	Consumo anual (kWh/mes)	Consumo anual (kWh/año)
<b>TRATAMIENTO BIOLÓGICO</b>									
Puente sedimentador	1	0,37	0,37	0,37	24,00	3,29	30,00	99	1.183
<b>TRATAMIENTO DE LODOS</b>									
Puente espesador	1	0,37	0,37	1,00	24,00	8,88	30,00	266	3.197
Bomba Cavidad Progresiva Lodos Espesador a Tampón	2	2,20	4,40	1,00	8,00	17,60	24,00	422	5.069
Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alim a Filtro de Banda	2	2,20	4,40	1,00	8,00	17,60	24,00	422	5.069
<b>DESHIDRATADO DE LODOS</b>									
Agitador Estanque Lodos	1	1,50	1,50	1,00	8,00	12,00	30,00	360	4.320
Centrifuga DECANter D4L	1	7,50	7,50	1,00	8,00	60,00	24,00	1.440	17.280
Medidor de Caudal Electromagnético	1	0,10	0,10	1,00	8,00	0,80	24,00	19	230
Bomba aguas de cola	1	0,75	0,75	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Dilutor de Polímero	1	0,75	0,75	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Bomba dosif. Polímero	2	0,75	1,50	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
<b>ENCALADO DE LODOS</b>									
Tornillo Mezclador	1	1,50	1,50	1,00	8,00	12,00	0,00	0	0
Tornillo Transportador	2	1,50	3,00	1,00	8,00	12,00	0,00	0	0
Tolva Dosificador de cal	1	0,37	0,37	1,00	8,00	2,96	0,00	0	0
Vibrador Tolva	1	0,18	0,18	1,00	8,00	1,44	24,00	35	415
Bomba sumergible aguas retorno	2	0,75	1,50	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Sensor de nivel (alto y bajo)	2							0	0
<b>DESINFECCIÓN</b>									
Bomba dosificadora hipoclorito Desinfección	2	0,01	0,02	1,00	24,00	0,24	30,00	7	86
<b>Total</b>						173	336	3.647	43.761

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.35:** Consumo de químicos alternativa 2

Consumo Reactivos	kg/día	kg/mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Polimero	0,9	28	3000	\$/kg	\$ 84.230	\$ 1.010.764
Cal	35,1	1053	42	\$/kg	\$ 44.221	\$ 530.651
					Total	\$ 1.541.414

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.36:** Costos de transporte alternativa 2

Transporte de Lodos	m³/día	m³/mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Transporte y Disposición	0,28	8,3	15000	\$/m³	\$ 124.579	\$ 1.494.947

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.37:** Costos de electricidad de la alternativa 2

Consumo energía eléctrica	kWh/mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Energía	<b>3647</b>	78	\$/kWh	\$ 284.445	\$ 3.413.337

Fuente: Elaboración Propia (2016)

La suma anual de gastos operacionales asciende a \$6.499.699.

Para el cálculo del préstamo, se trabajó con un crédito a 60 meses del Banco de Chile y se procedió a calcular las cuotas anuales. Los detalles se presentan en las tablas 4.38 y 4.39:

**Tabla N° 4.38:** Cálculo préstamo de la alternativa 2

Préstamo (\$)	\$ 76.000.000	pesos
Cuotas	60	meses
Periodo	5	años
Tasa de Interés	13,08%	anual
Cuota	\$ 21.650.099	anual
Total Crédito	\$ 108.250.493	periodo

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.39:** Cálculo de cuotas alternativa 2

Cuotas	Pago Cuota	Cuota de Capital	Cuota Interés	Deuda Extinguida	Deuda Residual
0					\$ 108.250.493
1	\$ 21.650.099	\$ 7.490.935	\$ 14.159.164	\$ 7.490.935	\$ 86.600.394
2	\$ 21.650.099	\$ 10.322.767	\$ 11.327.332	\$ 17.813.701	\$ 64.950.296
3	\$ 21.650.099	\$ 13.154.600	\$ 8.495.499	\$ 30.968.301	\$ 43.300.197
4	\$ 21.650.099	\$ 15.986.433	\$ 5.663.666	\$ 46.954.733	\$ 21.650.099
5	\$ 21.650.099	\$ 18.818.266	\$ 2.831.833	\$ 65.772.999	\$ -

Fuente: Elaboración Propia (2016)

En la tabla 4.40 se refleja el cálculo lineal de la depreciación desde el año 1 hasta el 10:

**Tabla N° 4.40:** Depreciación lineal componentes de la alternativa 2

	Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 10
Puente espesador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Bomba Cavidad Progresiva Lodos Espesador a Digestor	10	\$ 2.500.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000
Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alim a Filtro Banda	10	\$ 1.670.900	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090
Agitador Estanque Lodos	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Centrífuga DECANTER D4L	10	\$ 51.680.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000
Medidor Caudal Electromagnético	10	\$ 2.424.000	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400
Preparador de polímero	10	\$ 14.000.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
Bomba aguas de cola	10	\$ 6.500.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000
Dilutor de polímero	10	\$ 4.000.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000
Bomba dosificadora de polímero	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Tornillo Mezclador	10	\$ 17.000.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Tornillo Transportador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Tolva Dosificadora de Cal	10	\$ 7.000.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
Vibrador Tolva	10	\$ 700.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000
Bomba Sumergible Aguas Retorno	10	\$ 1.600.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000
Sensor de nivel (bajo y alto)	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Digestor	10	\$ 12.440.707	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071
Silo Cal	10	\$ 9.350.130	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013
<b>Total Depreciación Anual</b>			<b>\$ 17.406.574</b>	<b>\$ 17.406.574</b>	<b>\$ 17.406.574</b>	<b>\$ 17.406.574</b>

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Es necesario destacar, que cada uno de los equipos se depreció con los datos utilizados de la empresa respecto a la vida útil de los equipos.

Para éste flujo de caja, el VAN se calculó en \$15.926.566 y la TIR es de un 535%, con una tasa de descuento del 4,7%.

**c) Alternativa 3 “PTAS Puerto Varas-Llanquihue con reemplazo de Filtro Banda por Centrífuga”**

Se comienza el análisis económico por alternativa, tabulando los componentes y sus respectivos precios unitarios como se presenta en la tabla 4.41:

**Tabla N° 4.41:** Costos de adquisición de la alternativa 3

Componentes	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total Adquisición (\$)
<b>Puente espesador</b>	1	19.000.000	19.000.000
<b>Bomba NETZSCH Modelo NM053BY01L07V</b>	1	4.120.120	4.120.120
<b>Base metálica tipo C conforme norma ASTM A-36</b>	1	319.600	319.600
<b>KIT STP3 Contra Trabajo en Seco (PT100-Display)</b>	1	374.000	374.000

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

**Tabla N° 4.41 - Continuación: Costos de adquisición de la alternativa 3**

<b>Centrífuga DECANter D4L</b>	1	51.680.000	51.680.000
<b>Medidor Caudal Electromagnético</b>	1	2.424.000	2.424.000
<b>Preparador de polímero</b>	1	14.000.000	14.000.000
<b>Bomba aguas de cola</b>	2	3.250.000	6.500.000
<b>Dilutor de polímero</b>	1	4.000.000	4.000.000
<b>Bomba dosificadora de polímero</b>	2	1.100.000	2.200.000
<b>Tornillo Mezclador</b>	1	17.000.000	17.000.000
<b>Tornillo Transportador</b>	1	19.000.000	19.000.000
<b>Tolva Dosificadora de Cal</b>	1	7.000.000	7.000.000
<b>Vibrador Tolva</b>	1	700.000	700.000
<b>Bomba Sumergible Aguas Retorno</b>	2	800.000	1.600.000
<b>Sensor de nivel (bajo y alto)</b>	2	200.000	400.000
<b>Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección</b>	2	1.100.000	2.200.000
<b>Obra Civil Silo</b>	-	9.350.130	9.350.130
<b>Costo Mantenición</b>	-	-	5.176.000
<b>Costo Total Alternativa</b>	-	-	176.693.720

Fuente: Elaboración Propia (2016)

Una vez tabulados los datos, se procede a confeccionar el flujo de caja, mediante el cálculo de los costos fijos, inversión inicial, préstamo bancario y depreciaciones.

Para la primera alternativa, se muestra en la tabla 4.42 el flujo de caja del inversionista desde el año 1 hasta el 10:

**Tabla N° 4.42: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 3**

FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA		2017	2018	2019	2026
DETALLE	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 10
Ingresos por Cobros		\$ 844.089.879	\$ 869.412.575	\$ 895.494.953	\$ 1.101.345.839
Costos Operacionales		-\$ 5.845.511	-\$ 6.020.877	-\$ 6.201.503	-\$ 7.627.066
Interés Préstamo		-\$ 20.225.750	-\$ 20.225.750	-\$ 20.225.750	
Depreciación		-\$ 16.186.785	-\$ 16.186.785	-\$ 16.186.785	-\$ 16.186.785
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>		<b>\$ 801.831.833</b>	<b>\$ 826.979.164</b>	<b>\$ 852.880.915</b>	<b>\$ 1.077.531.988</b>
Tasa Impuesto Renta		25,0%	25,5%	27,0%	33,5%
Impuesto Renta		\$ 200.457.958	\$ 210.879.687	\$ 230.277.847	\$ 360.973.216
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 601.373.875</b>	<b>\$ 616.099.477</b>	<b>\$ 622.603.068</b>	<b>\$ 716.558.772</b>
Depreciación		\$ 16.186.785	\$ 16.186.785	\$ 16.186.785	\$ 16.186.785
Inversión Inicial	-\$ 176.693.720				
Inversión en Cap. De Trabajo	-\$ 1.200.000				\$ 1.200.000
Préstamo	\$ 71.000.000				
Amortización Deuda		-\$ 6.998.110	-\$ 9.643.638	-\$ 12.289.166	
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-\$ 106.893.720</b>	<b>\$ 610.562.550</b>	<b>\$ 622.642.624</b>	<b>\$ 626.500.687</b>	<b>\$ 733.945.557</b>

Fuente: Elaboración Propia (2016)

Los costos operacionales son determinados a través del cálculo del consumo energético, consumo de químicos y transporte. Dichos cálculos se presentan en las tablas 4.43, 4.44, 4.45 y 4.46:

**Tabla N° 4.43: Cálculo consumo eléctrico alternativa 3**

EQUIPO	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Potencia Instalada kW	Equipos Operando	Hrs Operación	Consumo kW/día	dia/mes	Consumo anual (kWh/mes)	Consumo anual (kWh/año)
<b>TRATAMIENTO BIOLÓGICO</b>									
Puente sedimentador	1	0,37	0,37	0,37	24,00	3,29	30,00	99	1.183
<b>TRATAMIENTO DE LODOS</b>									
Puente espesador	1	0,37	0,37	1,00	24,00	8,88	30,00	266	3.197
Bomba NETZSCH Modelo NM053BY01L07V	1	2,20	2,20	1,00	8,00	17,60	24,00	422	5.069
<b>DESHIDRATADO DE LODOS</b>									
Centrífuga DECANTER D4L	1	7,50	7,50	1,00	8,00	60,00	24,00	1.440	17.280
Medidor de Caudal Electromagnético	1	0,10	0,10	1,00	8,00	0,80	24,00	19	230
Bomba aguas de cola	1	0,75	0,75	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Dilutor de Polímero	1	0,75	0,75	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Bomba dosif. Polímero	2	0,75	1,50	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
<b>ENCALADO DE LODOS</b>									
Tornillo Mezclador	1	1,50	1,50	1,00	8,00	12,00	0,00	0	0
Tornillo Transportador	2	1,50	3,00	1,00	8,00	12,00	0,00	0	0
Tolva Dosificador de cal	1	0,37	0,37	1,00	8,00	2,96	0,00	0	0
Vibrador Tolva	1	0,18	0,18	1,00	8,00	1,44	24,00	35	415
Bomba sumergible aguas retorno	2	0,75	1,50	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Sensor de nivel (alto y bajo)	2							0	0
<b>DESINFECCIÓN</b>									
Bomba dosificadora hipoclorito Desinfeccion	2	0,01	0,02	1,00	24,00	0,24	30,00	7	86
<b>Total</b>						143	282	2.864	34.372

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.44: Consumo de químicos alternativa 3**

Consumo Reactivos	kg/día	kg/mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Polímero	0,9	28	3000	\$/kg	\$ 84.230	\$ 1.010.764
Cal	35,1	1053	42	\$/kg	\$ 44.221	\$ 530.651
<b>Total</b>					\$	1.541.414

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.45: Costos de transporte alternativa 3**

Transporte de Lodos	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Transporte y Disposición	0,30	9,0	15000	\$/m <sup>3</sup>	\$ 135.257	\$ 1.623.086

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.46: Costos de electricidad de la alternativa 3**

Consumo energía eléctrica	kWh/mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Energía	<b>2864</b>	78	\$/kWh	\$ 223.418	\$ 2.681.011

Fuente: Elaboración Propia (2016)

La suma anual de gastos operacionales asciende a \$5.845.511.

Para el cálculo del préstamo, se trabajó con un crédito a 60 meses del Banco de Chile y se procedió a calcular las cuotas anuales. Los detalles se presentan en las tablas 4.47 y 4.48:

**Tabla N° 4.47:** Cálculo préstamo de la alternativa 3

Préstamo (\$)	\$ 71.000.000	pesos
Cuotas	60	meses
Periodo	5	años
Tasa de Interés	13,08%	anual
Cuota	\$ 20.225.750	anual
Total Crédito	\$ 101.128.750	periodo

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

**Tabla N° 4.48:** Cálculo de cuotas alternativa 3

Cuotas	Pago Cuota	Cuota de Capital	Cuota Interés	Deuda Extinguida	Deuda Residual
0					\$ 101.128.750
1	\$ 20.225.750	\$ 6.998.110	\$ 13.227.640	\$ 6.998.110	\$ 80.903.000
2	\$ 20.225.750	\$ 9.643.638	\$ 10.582.112	\$ 16.641.748	\$ 60.677.250
3	\$ 20.225.750	\$ 12.289.166	\$ 7.936.584	\$ 28.930.914	\$ 40.451.500
4	\$ 20.225.750	\$ 14.934.694	\$ 5.291.056	\$ 43.865.608	\$ 20.225.750
5	\$ 20.225.750	\$ 17.580.222	\$ 2.645.528	\$ 61.445.830	\$ -

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

En la tabla 4.49 se refleja el cálculo lineal de la depreciación desde el año 1 hasta el 10:

**Tabla N° 4.49:** Depreciación lineal componentes de la alternativa 3

	Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 10
Puente espesador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Bomba NETZSCH Modelo NM053BY01L07V	10	\$ 4.120.120	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012
Base metálica tipo C conforme norma ASTM A-36	10	\$ 319.600	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960
KIT STP3 Contra Trabajo en Seco (PT100-Display)	10	\$ 374.000	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400
Centrífuga DECANTER D4L	10	\$ 51.680.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000
Medidor Caudal Electromagnético	10	\$ 2.424.000	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400
Preparador de polímero	10	\$ 14.000.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
Bomba aguas de cola	10	\$ 6.500.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000
Dilutor de polímero	10	\$ 4.000.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000
Bomba dosificadora de polímero	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Tornillo Mezclador	10	\$ 17.000.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Tornillo Transportador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Tolva Dosificadora de Cal	10	\$ 7.000.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
Vibrador Tolva	10	\$ 700.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000
Bomba Sumergible Aguas Retorno	10	\$ 1.600.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000
Sensor de nivel (bajo y alto)	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Silo Cal	10	\$ 9.350.130	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013
<b>Total Depreciación Anual</b>			<b>\$ 16.186.785</b>	<b>\$ 16.186.785</b>	<b>\$ 16.186.785</b>	<b>\$ 16.186.785</b>

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Es necesario destacar, que cada uno de los equipos se depreció con los datos utilizados de la empresa respecto a la vida útil de los equipos.

Para éste flujo de caja, el VAN se calculó en \$23.506.132 y la TIR es de un 573%, con una tasa de descuento del 4,7%.

**d) Alternativa 4 “PTAS Puerto Varas-Llanquihue con reemplazo de Filtro Banda por Filtro Prensa más Digestor Aerobio”**

Se comienza el análisis económico por alternativa, tabulando los componentes y sus respectivos precios unitarios como se presenta en la tabla 4.50:

**Tabla N° 4.50: Costos de adquisición de la alternativa 4**

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total Adquisición (\$)</b>
<b>Puente espesador</b>	1	19.000.000	19.000.000
<b>Bomba cavidad progresiva lodos espesador a digestor</b>	1	2.500.000	2.500.000
<b>Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alim a Filtro Prensa</b>	1	1.670.900	1.670.900
<b>Agitador Estanque Lodos</b>	1	400.000	400.000
<b>Filtro Prensa</b>	1	45.000.000	45.000.000
<b>Medidor Caudal Electromagnético</b>	1	2.424.000	2.424.000
<b>Preparador de polímero</b>	1	14.000.000	14.000.000
<b>Bomba aguas de cola</b>	2	3.250.000	6.500.000
<b>Dilutor de polímero</b>	1	4.000.000	4.000.000
<b>Bomba dosificadora de polímero</b>	2	1.100.000	2.200.000
<b>Tornillo Mezclador</b>	1	17.000.000	17.000.000
<b>Tornillo Transportador</b>	1	19.000.000	19.000.000
<b>Tolva Dosificadora de Cal</b>	1	7.000.000	7.000.000
<b>Vibrador Tolva</b>	1	700.000	700.000
<b>Bomba Sumergible Aguas Retorno</b>	2	800.000	1.600.000
<b>Sensor de nivel (bajo y alto)</b>	2	200.000	400.000
<b>Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección</b>	2	1.100.000	2.200.000
<b>Obra Civil Digestor</b>	-	12.440.707	12.440.707
<b>Obra Civil Silo</b>	-	9.350.130	9.350.130
<b>Costo Mantención</b>	-	-	1.020.000
<b>Costo Total Alternativa</b>	-	-	168.405.737

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Una vez tabulados los datos, se procede a confeccionar el flujo de caja, mediante el cálculo de los costos fijos, inversión inicial, préstamo bancario y depreciaciones.

Para la primera alternativa, se muestra en la tabla 4.51 el flujo de caja del inversionista desde el año 1 hasta el 10:

**Tabla N° 4.51:** Flujo de caja del inversionista de la alternativa 4

FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA		2017	2018	2019	2026
DETALLE	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 10
Ingresos por Cobros		\$ 844.089.879	\$ 869.412.575	\$ 895.494.953	\$ 1.101.345.839
Costos Operacionales		-\$ 6.401.667	-\$ 6.593.717	-\$ 6.791.528	-\$ 8.352.723
Intereses Préstamo		-\$ 19.371.141	-\$ 19.371.141	-\$ 19.371.141	
Depreciación		-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>		<b>\$ 801.578.498</b>	<b>\$ 826.709.144</b>	<b>\$ 852.593.710</b>	<b>\$ 1.076.254.542</b>
Tasa Impuesto Renta		25,0%	25,5%	27,0%	33,5%
Impuesto Renta		\$ 200.394.624	\$ 210.810.832	\$ 230.200.302	\$ 360.545.272
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 601.183.874</b>	<b>\$ 615.898.312</b>	<b>\$ 622.393.408</b>	<b>\$ 715.709.270</b>
Depreciación		\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574
Inversión Inicial	-\$ 168.405.737				
Inversión en Cap. De Trabajo	-\$ 1.200.000				\$ 1.200.000
Préstamo	\$ 68.000.000				
Amortización Deuda		-\$ 6.702.415	-\$ 9.236.160	-\$ 11.769.905	
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-\$ 101.605.737</b>	<b>\$ 611.220.033</b>	<b>\$ 623.400.726</b>	<b>\$ 627.362.077</b>	<b>\$ 733.647.844</b>

Fuente: Elaboración Propia (2016)

Los costos operacionales son determinados a través del cálculo del consumo energético, consumo de químicos y transporte. Dichos cálculos se presentan en las tablas 4.52, 4.53, 4.54 y 4.55:

**Tabla N° 4.52:** Cálculo consumo eléctrico alternativa 4

EQUIPO	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Potencia Instalada kW	Equipos Operando	Hrs Operación	Consumo kW/día	día/mes	Consumo anual (kWh/mes)	Consumo anual (kWh/año)
<b>TRATAMIENTO BIOLÓGICO</b>									
Puente sedimentador	1	0,37	0,37	0,37	24,00	3,29	30,00	99	1.183
<b>TRATAMIENTO DE LODOS</b>									
Puente espesador	1	0,37	0,37	1,00	24,00	8,88	30,00	266	3.197
Bomba Cavidad Progresiva Lodos Espesador a Tampón	2	2,20	4,40	1,00	8,00	17,60	24,00	422	5.069
Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alim a Filtro de Banda	2	2,20	4,40	1,00	8,00	17,60	24,00	422	5.069
<b>DESHDRATADO DE LODOS</b>									
Agitador Estanque Lodos	1	1,50	1,50	1,00	8,00	12,00	30,00	360	4.320
Filtro Prensa	1	8,20	8,20	1,00	8,00	65,60	24,00	1.574	18.893
Medidor de Caudal Electromagnético	1	0,10	0,10	1,00	8,00	0,80	24,00	19	230
Bomba aguas de cola	1	0,75	0,75	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Dilutor de Polímero	1	0,75	0,75	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Bomba dosif. Polímero	2	0,75	1,50	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
<b>ENCALADO DE LODOS</b>									
Tornillo Mezclador	1	1,50	1,50	1,00	8,00	12,00	0,00	0	0
Tornillo Transportador	2	1,50	3,00	1,00	8,00	12,00	0,00	0	0
Tolva Dosificador de cal	1	0,37	0,37	1,00	8,00	2,96	0,00	0	0
Vibrador Tolva	1	0,18	0,18	1,00	8,00	1,44	24,00	35	415
Bomba sumergible aguas retorno	2	0,75	1,50	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Sensor de nivel (alto y bajo)	2							0	0
<b>DESINFECCIÓN</b>									
Bomba dosificadora hipoclorito Desinfeccion	2	0,01	0,02	1,00	24,00	0,24	30,00	7	86
<b>Total</b>						178	336	3.781	45.374

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.53:** Consumo de químicos alternativa 4

Consumo Reactivos	kg/día	kg/mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Polimero	0,9	28	3000	\$/kg	\$ 84.230	\$ 1.010.764
Cal	35,1	1053	42	\$/kg	\$ 44.221	\$ 530.651
					Total	\$ 1.541.414

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.54:** Costos de transporte alternativa 4

Transporte de Lodos	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Transporte y Disposición	0,24	7,3	15000	\$/m <sup>3</sup>	\$ 110.093	\$ 1.321.116

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.55:** Costos de electricidad de la alternativa 4

Consumo energía eléctrica	kWh/mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Energía	<b>3781</b>	78	\$/kWh	\$ 294.928	\$ 3.539.136

Fuente: Elaboración Propia (2016)

La suma anual de gastos operacionales asciende a \$6.401.667.

Para el cálculo del préstamo, se trabajó con un crédito a 60 meses del Banco de Chile y se procedió a calcular las cuotas anuales. Los detalles se presentan en las tablas 4.56 y 4.57:

**Tabla N° 4.56:** Cálculo préstamo de la alternativa 4

Préstamo (\$)	\$ 68.000.000	pesos
Cuotas	60	meses
Periodo	5	años
Tasa de Interés	13,08%	anual
Cuota	\$ 19.371.141	anual
Total Crédito	\$ 96.855.704	periodo

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.57:** Cálculo de cuotas alternativa 4

Cuotas	Pago Cuota	Cuota de Capital	Cuota Interés	Deuda Extinguida	Deuda Residual
0					\$ 96.855.704
1	\$ 19.371.141	\$ 6.702.415	\$ 12.668.726	\$ 6.702.415	\$ 77.484.563
2	\$ 19.371.141	\$ 9.236.160	\$ 10.134.981	\$ 15.938.575	\$ 58.113.422
3	\$ 19.371.141	\$ 11.769.905	\$ 7.601.236	\$ 27.708.479	\$ 38.742.282
4	\$ 19.371.141	\$ 14.303.651	\$ 5.067.490	\$ 42.012.130	\$ 19.371.141
5	\$ 19.371.141	\$ 16.837.396	\$ 2.533.745	\$ 58.849.526	\$ -

Fuente: Elaboración Propia (2016)

En la tabla 4.58 se refleja el cálculo lineal de la depreciación desde el año 1 hasta el 10:

**Tabla N° 4.58:** Depreciación lineal componentes de la alternativa 4

	Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 10
Puente espesador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Bomba cavidad progresiva lodos espesador a digestor	10	\$ 2.500.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000
Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alim a Filtro Prensa	10	\$ 1.670.900	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090
Agitador Estanque Lodos	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Filtro Prensa	10	\$ 45.000.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
Medidor Caudal Electromagnético	10	\$ 2.424.000	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400
Preparador de polímero	10	\$ 14.000.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
Bomba aguas de cola	10	\$ 6.500.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000
Dilutor de polímero	10	\$ 4.000.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000
Bomba dosificadora de polímero	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Tornillo Mezclador	10	\$ 17.000.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Tornillo Transportador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Tolva Dosificadora de Cal	10	\$ 7.000.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
Vibrador Tolva	10	\$ 700.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000
Bomba Sumergible Aguas Retorno	10	\$ 1.600.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000
Sensor de nivel (bajo y alto)	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Digestor	10	\$ 12.440.707	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071
Silo Cal	10	\$ 9.350.130	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013
<b>Total Depreciación Anual</b>			<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Es necesario destacar, que cada uno de los equipos se depreció con los datos utilizados de la empresa respecto a la vida útil de los equipos.

Para éste flujo de caja, el VAN se calculó en \$28.938.526 y la TIR es de un 603%, con una tasa de descuento del 4,7%.

**e) Alternativa 5 “PTAS Puerto Varas-Llanquihue con reemplazo de Filtro Banda por Filtro Prensa”**

Se comienza el análisis económico por alternativa, tabulando los componentes y sus respectivos precios unitarios como se presenta en la tabla 4.59:

**Tabla N° 4.59:** Costos de adquisición de la alternativa 5

Componentes	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total Adquisición (\$)
<b>Puente espesador</b>	1	19.000.000	19.000.000
<b>Bomba NETZSCH Modelo NM053BY01L07V</b>	1	4.120.120	4.120.120
<b>Base metálica tipo C conforme norma ASTM A-36</b>	1	319.600	319.600

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

**Tabla N° 4.59 – Continuación: Costos de adquisición de la alternativa 5**

<b>KIT STP3 Contra Trabajo en Seco (PT100-Display)</b>	1	374.000	374.000
<b>Filtro Prensa</b>	1	45.000.000	45.000.000
<b>Medidor Caudal Electromagnético</b>	1	2.424.000	2.424.000
<b>Preparador de polímero</b>	1	14.000.000	14.000.000
<b>Bomba aguas de cola</b>	2	3.250.000	6.500.000
<b>Dilutor de polímero</b>	1	4.000.000	4.000.000
<b>Bomba dosificadora de polímero</b>	2	1.100.000	2.200.000
<b>Tornillo Mezclador</b>	1	17.000.000	17.000.000
<b>Tornillo Transportador</b>	1	19.000.000	19.000.000
<b>Tolva Dosificadora de Cal</b>	1	7.000.000	7.000.000
<b>Vibrador Tolva</b>	1	700.000	700.000
<b>Bomba Sumergible Aguas Retorno</b>	2	800.000	1.600.000
<b>Sensor de nivel (bajo y alto)</b>	2	200.000	400.000
<b>Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección</b>	2	1.100.000	2.200.000
<b>Obra Civil Silo</b>	-	9.350.130	9.350.130
<b>Costo Mantenición</b>	-	-	1.010.000
<b>Costo Total Alternativa</b>	-	-	156.197.850

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Una vez tabulados los datos, se procede a confeccionar el flujo de caja, mediante el cálculo de los costos fijos, inversión inicial, préstamo bancario y depreciaciones.

Para la primera alternativa, se muestra en la tabla 4.60 el flujo de caja del inversionista desde el año 1 hasta el 10:

**Tabla N° 4.60:** Flujo de caja del inversionista de la alternativa 5

FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA		2017	2018	2019	2026
DETALLE	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 10
Ingresos por Cobros		\$ 844.089.879	\$ 869.412.575	\$ 895.494.953	\$ 1.101.345.839
Costos Operacionales		-\$ 4.654.209	-\$ 4.793.836	-\$ 4.937.651	-\$ 6.072.688
Inter ses Préstamo		-\$ 17.946.792	-\$ 17.946.792	-\$ 17.946.792	
Depreciación		-\$ 16.762.856	-\$ 16.762.856	-\$ 16.762.856	-\$ 16.762.856
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>		<b>\$ 804.726.022</b>	<b>\$ 829.909.092</b>	<b>\$ 855.847.654</b>	<b>\$ 1.078.510.295</b>
Tasa Impuesto Renta		25,0%	25,5%	27,0%	33,5%
Impuesto Renta		\$ 201.181.505	\$ 211.626.818	\$ 231.078.867	\$ 361.300.949
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 603.544.517</b>	<b>\$ 618.282.274</b>	<b>\$ 624.768.787</b>	<b>\$ 717.209.346</b>
Depreciación		\$ 16.762.856	\$ 16.762.856	\$ 16.762.856	\$ 16.762.856
Inversión Inicial	-\$ 156.197.850				
Inversión en Cap. De Trabajo	-\$ 1.200.000				\$ 1.200.000
Préstamo	\$ 63.000.000				
Amortización Deuda		-\$ 6.209.590	-\$ 8.557.030	-\$ 10.904.471	
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-\$ 94.397.850</b>	<b>\$ 614.097.782</b>	<b>\$ 626.488.099</b>	<b>\$ 630.627.171</b>	<b>\$ 735.172.202</b>

Fuente: Elaboración Propia (2016)

Los costos operacionales son determinados a través del cálculo del consumo energético, consumo de químicos y transporte. Dichos cálculos se presentan en las tablas 4.61, 4.62, 4.63 y 4.64:

**Tabla N° 4.61:** Cálculo consumo eléctrico alternativa 5

EQUIPO	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Potencia Instalada kW	Equipos Operando	Hrs Operación	Consumo kW/día	día/mes	Consumo anual (kWh/mes)	Consumo anual (kWh/año)
<b>TRATAMIENTO BIOLÓGICO</b>									
Puente sedimentador	\$ 1	0,37	0,37	0,37	24,00	3,29	30,00	99	1.183
<b>TRATAMIENTO DE LODOS</b>									
Puente espesador	\$ 1	0,37	0,37	1,00	24,00	8,88	30,00	266	3.197
Bomba NETZSCH Modelo NM053BY01L07V	\$ 1	2,20	2,20	1,00	8,00	17,60	24,00	422	5.069
<b>DESHIDRATADO DE LODOS</b>									
Filtro Prensa	\$ 1	2,00	2,00	1,00	8,00	16,00	24,00	384	4.608
Medidor de Caudal Electromagnético	\$ 1	0,10	0,10	1,00	8,00	0,80	24,00	19	230
Bomba aguas de cola	\$ 1	0,75	0,75	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Dilutor de Polímero	\$ 1	0,75	0,75	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Bomba dosif. Polímero	\$ 2	0,75	1,50	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
<b>ENCALADO DE LODOS</b>									
Tornillo Mezclador	\$ 1	1,50	1,50	1,00	8,00	12,00	0,00	0	0
Tornillo Transportador	\$ 2	1,50	3,00	1,00	8,00	12,00	0,00	0	0
Tolva Dosificador de cal	\$ 1	0,37	0,37	1,00	8,00	2,96	0,00	0	0
Vibrador Tolva	\$ 1	0,18	0,18	1,00	8,00	1,44	24,00	35	415
Bomba sumergible aguas retorno	\$ 2	0,75	1,50	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Sensor de nivel (alto y bajo)	\$ 2							0	0
<b>DESINFECCIÓN</b>									
Bomba dosificadora hipoclorito Desinfeccion	\$ 2	0,01	0,02	1,00	24,00	0,24	30,00	7	86
<b>Total</b>						99	282	1.808	21.700

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.62:** Consumo de químicos alternativa 5

Consumo Reactivos	kg/día	kg/mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Polimero	0,9	28	3000	\$/kg	\$ 84.230	\$ 1.010.764
Cal	35,1	1053	42	\$/kg	\$ 44.221	\$ 530.651
					Total	\$ 1.541.414

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

**Tabla N° 4.63:** Costos de transporte alternativa 5

Transporte de Lodos	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Transporte y Disposición	0,26	7,9	15000	\$/m <sup>3</sup>	\$ 118.350	\$ 1.420.200

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

**Tabla N° 4.64:** Costos de electricidad de la alternativa 5

Consumo energía eléctrica	kWh/mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Energía	<b>1808</b>	78	\$/kWh	\$ 141.050	\$ 1.692.595

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

La suma anual de gastos operacionales asciende a \$4.654.209.

Para el cálculo del préstamo, se trabajó con un crédito a 60 meses del Banco de Chile y se procedió a calcular las cuotas anuales. Los detalles se presentan en las tablas 4.65 y 4.66:

**Tabla N° 4.65:** Cálculo préstamo de la alternativa 5

Préstamo (\$)	\$ 63.000.000	pesos
Cuotas	60	meses
Periodo	5	años
Tasa de Interés	13,08%	anual
Cuota	\$ 17.946.792	anual
Total Crédito	\$ 89.733.961	periodo

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

**Tabla N° 4.66:** Cálculo de cuotas alternativa 5

Cuotas	Pago Cuota	Cuota de Capital	Cuota Interés	Deuda Extinguida	Deuda Residual
0					\$ 89.733.961
1	\$ 17.946.792	\$ 6.209.590	\$ 11.737.202	\$ 6.209.590	\$ 71.787.169
2	\$ 17.946.792	\$ 8.557.030	\$ 9.389.762	\$ 14.766.620	\$ 53.840.377
3	\$ 17.946.792	\$ 10.904.471	\$ 7.042.321	\$ 25.671.092	\$ 35.893.584
4	\$ 17.946.792	\$ 13.251.911	\$ 4.694.881	\$ 38.923.003	\$ 17.946.792
5	\$ 17.946.792	\$ 15.599.352	\$ 2.347.440	\$ 54.522.355	\$ -

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

En la tabla 4.67 se refleja el cálculo lineal de la depreciación desde el año 1 hasta el 10:

**Tabla N° 4.67:** Depreciación lineal componentes de la alternativa 5

	Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 10
Puente espesador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Bomba NETZSCH Modelo NM053BY01L07V	10	\$ 4.120.120	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012
Base metálica tipo C conforme norma ASTM A-36	10	\$ 319.600	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960
KIT STP3 Contra Trabajo en Seco (PT100-Display)	10	\$ 374.000	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400
Filtro Prensa	10	\$ 45.000.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
Medidor Caudal Electromagnético	10	\$ 2.424.000	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400
Preparador de polímero	10	\$ 14.000.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
Bomba aguas de cola	10	\$ 6.500.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000
Dilutor de polímero	10	\$ 4.000.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000
Bomba dosificadora de polímero	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Tornillo Mezclador	10	\$ 17.000.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Tornillo Transportador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Tolva Dosificadora de Cal	10	\$ 7.000.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
Vibrador Tolva	10	\$ 700.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000
Bomba Sumergible Aguas Retorno	10	\$ 1.600.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000
Sensor de nivel (bajo y alto)	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Digestor	10	\$ 12.440.707	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071
Silo Cal	10	\$ 9.350.130	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013
<b>Total Depreciación Anual</b>			<b>\$ 16.762.856</b>	<b>\$ 16.762.856</b>	<b>\$ 16.762.856</b>	<b>\$ 16.762.856</b>

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Es necesario destacar, que cada uno de los equipos se depreció con los datos utilizados de la empresa respecto a la vida útil de los equipos.

Para éste flujo de caja, el VAN se calculó en \$36.767.888 y la TIR es de un 652%, con una tasa de descuento del 4,7%.

**f) Alternativa 6 “PTAS Puerto Varas-Llanquihue con reemplazo de Filtro Banda por Prensa Tornillo más Digestor Aerobio”**

Se comienza el análisis económico por alternativa, tabulando los componentes y sus respectivos precios unitarios como se presenta en la tabla 4.68:

**Tabla N° 4.68:** Costos de adquisición de la alternativa 6

Componentes	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total Adquisición (\$)
<b>Puente espesador</b>	1	19.000.000	19.000.000
<b>Bomba cavidad progresiva lodos espesador a digestor</b>	1	2.500.000	2.500.000

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

**Tabla N° 4.68 - Continuación: Costos de adquisición de la alternativa 6**

<b>Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alim a Prensa Tornillo</b>	1	1.670.900	3.341.800
<b>Agitador Estanque Lodos</b>	1	400.000	400.000
<b>Prensa Tornillo</b>	1	32.044.320	32.044.320
<b>Medidor Caudal Electromagnético</b>	1	2.424.000	2.424.000
<b>Preparador de polímero</b>	1	14.000.000	14.000.000
<b>Bomba aguas de cola</b>	2	3.250.000	6.500.000
<b>Dilutor de polímero</b>	1	4.000.000	4.000.000
<b>Bomba dosificadora de polímero</b>	2	1.100.000	2.200.000
<b>Tornillo Mezclador</b>	1	17.000.000	17.000.000
<b>Tornillo Transportador</b>	1	19.000.000	19.000.000
<b>Tolva Dosificadora de Cal</b>	1	7.000.000	7.000.000
<b>Vibrador Tolva</b>	1	700.000	700.000
<b>Bomba Sumergible Aguas Retorno</b>	2	800.000	1.600.000
<b>Sensor de nivel (bajo y alto)</b>	2	200.000	400.000
<b>Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección</b>	2	1.100.000	2.200.000
<b>Obra Civil Digestor</b>	-	12.440.707	12.440.707
<b>Obra Civil Silo</b>	-	9.350.130	9.350.130
<b>Costo Mantenición</b>	-	-	1.020.000
<b>Costo Total Alternativa</b>	-	-	157.610.957

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Una vez tabulados los datos, se procede a confeccionar el flujo de caja, mediante el cálculo de los costos fijos, inversión inicial, préstamo bancario y depreciaciones.

Para la primera alternativa, se muestra en la tabla 4.69 el flujo de caja del inversionista desde el año 1 hasta el 10:

**Tabla N° 4.69:** Flujo de caja del inversionista de la alternativa 6

FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA					
		2017	2018	2019	2026
DETALLE	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 10
Ingresos por Cobros		\$ 844.089.879	\$ 869.412.575	\$ 895.494.953	\$ 1.101.345.839
Costos Operacionales		-\$ 6.243.480	-\$ 6.430.784	-\$ 6.623.708	-\$ 8.146.325
Intereses Préstamo		-\$ 18.231.662	-\$ 18.231.662	-\$ 18.231.662	
Depreciación		-\$ 15.443.006	-\$ 15.443.006	-\$ 15.443.006	-\$ 15.443.006
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>		<b>\$ 804.171.732</b>	<b>\$ 829.307.124</b>	<b>\$ 855.196.577</b>	<b>\$ 1.077.756.508</b>
Tasa Impuesto Renta		25,0%	25,5%	27,0%	33,5%
Impuesto Renta		\$ 201.042.933	\$ 211.473.316	\$ 230.903.076	\$ 361.048.430
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 603.128.799</b>	<b>\$ 617.833.808</b>	<b>\$ 624.293.501</b>	<b>\$ 716.708.078</b>
Depreciación		\$ 15.443.006	\$ 15.443.006	\$ 15.443.006	\$ 15.443.006
Inversión Inicial	-\$ 157.610.957				
Inversión en Cap. De Trabajo	-\$ 1.200.000				\$ 1.200.000
Préstamo	\$ 64.000.000				
Amortización Deuda		-\$ 6.308.155	-\$ 8.692.856	-\$ 11.077.558	
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-\$ 94.810.957</b>	<b>\$ 612.263.649</b>	<b>\$ 624.583.957</b>	<b>\$ 628.658.949</b>	<b>\$ 733.351.084</b>

Fuente: Elaboración Propia (2016)

Los costos operacionales son determinados a través del cálculo del consumo energético, consumo de químicos y transporte. Dichos cálculos se presentan en las tablas 4.70, 4.71, 4.72 y 4.73:

**Tabla N° 4.70:** Cálculo consumo eléctrico alternativa 6

EQUIPO	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Potencia Instalada kW	Equipos Operando	Hrs Operación	Consumo kW/día	día/mes	Consumo anual (kWh/mes)	Consumo anual (kWh/año)
<b>TRATAMIENTO BIOLÓGICO</b>									
Puente sedimentador	1	0,37	0,37	0,37	24,00	3,29	30,00	99	1.183
<b>TRATAMIENTO DE LODOS</b>									
Puente espesador	1	0,37	0,37	1,00	24,00	8,88	30,00	266	3.197
Bomba Cavidad Progresiva Lodos Espesador a Tampón	2	2,20	4,40	1,00	8,00	17,60	24,00	422	5.069
Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alima Filtro de Banda	2	2,20	4,40	1,00	8,00	17,60	24,00	422	5.069
<b>DESHIDRATADO DE LODOS</b>									
Agitador Estanque Lodos	1	1,50	1,50	1,00	8,00	12,00	30,00	360	4.320
Prensa Tornillo	1	1,50	1,50	1,00	8,00	12,00	24,00	288	3.456
Medidor de Caudal Electromagnético	1	0,10	0,10	1,00	8,00	0,80	24,00	19	230
Bomba aguas de cola	1	0,75	0,75	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Dilutor de Polímero	1	0,75	0,75	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Bomba dosif. Polímero	2	0,75	1,50	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
<b>ENCALADO DE LODOS</b>									
Tornillo Mezclador	1	1,50	1,50	1,00	8,00	12,00	0,00	0	0
Tornillo Transportador	2	1,50	3,00	1,00	8,00	12,00	0,00	0	0
Tolva Dosificador de cal	1	0,37	0,37	1,00	8,00	2,96	0,00	0	0
Vibrador Tolva	1	0,18	0,18	1,00	8,00	1,44	24,00	35	415
Bomba sumergible aguas retorno	2	0,75	1,50	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Sensor de nivel (alto y bajo)	2							0	0
<b>DESINFECCIÓN</b>									
Bomba dosificadora hipoclorito Desinfeccion	2	0,01	0,02	1,00	24,00	0,24	30,00	7	86
<b>Total</b>						125	336	2.495	29.937

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.71:** Consumo de químicos alternativa 6

Consumo Reactivos	kg/día	kg/mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Polimero	0,9	28	3000	\$/kg	\$ 84.230	\$ 1.010.764
Cal	35,1	1053	42	\$/kg	\$ 44.221	\$ 530.651
					Total	\$ 1.541.414

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.72:** Costos de transporte alternativa 6

Transporte de Lodos	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Transporte y Disposición	0,44	13,2	15000	\$/m <sup>3</sup>	\$ 197.250	\$ 2.367.000

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.73:** Costos de electricidad de la alternativa 6

Consumo energía eléctrica	kWh/mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Energía	<b>2495</b>	78	\$/kWh	\$ 194.589	\$ 2.335.065

Fuente: Elaboración Propia (2016)

La suma anual de gastos operacionales asciende a \$6.243.480.

Para el cálculo del préstamo, se trabajó con un crédito a 60 meses del Banco de Chile y se procedió a calcular las cuotas anuales. Los detalles se presentan en las tablas 4.74 y 4.75:

**Tabla N° 4.74:** Cálculo préstamo de la alternativa 6

Préstamo (\$)	\$ 64.000.000	pesos
Cuotas	60	meses
Periodo	5	años
Tasa de Interés	13,08%	anual
Cuota	\$ 18.231.662	anual
Total Crédito	\$ 91.158.309	periodo

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.75:** Cálculo de cuotas alternativa 6

Cuotas	Pago Cuota	Cuota de Capital	Cuota Interés	Deuda Extinguida	Deuda Residual
0					\$ 91.158.309
1	\$ 18.231.662	\$ 6.308.155	\$ 11.923.507	\$ 6.308.155	\$ 72.926.648
2	\$ 18.231.662	\$ 8.692.856	\$ 9.538.806	\$ 15.001.011	\$ 54.694.986
3	\$ 18.231.662	\$ 11.077.558	\$ 7.154.104	\$ 26.078.569	\$ 36.463.324
4	\$ 18.231.662	\$ 13.462.259	\$ 4.769.403	\$ 39.540.828	\$ 18.231.662
5	\$ 18.231.662	\$ 15.846.961	\$ 2.384.701	\$ 55.387.788	\$ -

Fuente: Elaboración Propia (2016)

En la tabla 4.76 se refleja el cálculo lineal de la depreciación desde el año 1 hasta el 10:

**Tabla N° 4.76:** Depreciación lineal componentes de la alternativa 6

	Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 10
Puente espesador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Bomba cavidad progresiva lodos espesador a digestor	10	\$ 2.500.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000
Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alim a Filtro Prensa	10	\$ 1.670.900	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090
Agitador Estanque Lodos	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Prensa Tornillo	10	\$ 32.044.320	\$ 3.204.432	\$ 3.204.432	\$ 3.204.432	\$ 3.204.432
Medidor Caudal Electromagnético	10	\$ 2.424.000	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400
Preparador de polímero	10	\$ 14.000.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
Bomba aguas de cola	10	\$ 6.500.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000
Dilutor de polímero	10	\$ 4.000.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000
Bomba dosificadora de polímero	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Tornillo Mezclador	10	\$ 17.000.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Tornillo Transportador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Tolva Dosificadora de Cal	10	\$ 7.000.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
Vibrador Tolva	10	\$ 700.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000
Bomba Sumergible Aguas Retorno	10	\$ 1.600.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000
Sensor de nivel (bajo y alto)	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Digestor	10	\$ 12.440.707	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071
Silo Cal	10	\$ 9.350.130	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013
<b>Total Depreciación Anual</b>			<b>\$ 15.443.006</b>	<b>\$ 15.443.006</b>	<b>\$ 15.443.006</b>	<b>\$ 15.443.006</b>

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Es necesario destacar, que cada uno de los equipos se depreció con los datos utilizados de la empresa respecto a la vida útil de los equipos.

Para éste flujo de caja, el VAN se calculó en \$38.192.575 y la TIR es de un 648%, con una tasa de descuento del 4,7%.

**g) Alternativa 7 “PTAS Puerto Varas-Llanquihue con reemplazo de Filtro Banda por Prensa Tornillo”**

Se comienza el análisis económico por alternativa, tabulando los componentes y sus respectivos precios unitarios como se presenta en la tabla 4.77:

**Tabla N° 4.77:** Costos de adquisición de la alternativa 7

Componentes	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total Adquisición (\$)
<b>Puente espesador</b>	1	19.000.000	19.000.000
<b>Bomba NETZSCH Modelo NM053BY01L07V</b>	1	4.120.120	4.120.120
<b>Base metálica tipo C conforme norma ASTM A-36</b>	1	319.600	319.600

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

**Tabla N° 4.77 - Continuación: Costos de adquisición de la alternativa 7**

<b>KIT STP3 Contra Trabajo en Seco (PT100-Display)</b>	1	374.000	374.000
<b>Prensa Tornillo</b>	1	32.044.320	32.044.320
<b>Medidor Caudal Electromagnético</b>	1	2.424.000	2.424.000
<b>Preparador de polímero</b>	1	14.000.000	14.000.000
<b>Bomba aguas de cola</b>	2	3.250.000	6.500.000
<b>Dilutor de polímero</b>	1	4.000.000	4.000.000
<b>Bomba dosificadora de polímero</b>	2	1.100.000	2.200.000
<b>Tornillo Mezclador</b>	1	17.000.000	17.000.000
<b>Tornillo Transportador</b>	1	19.000.000	19.000.000
<b>Tolva Dosificadora de Cal</b>	1	7.000.000	7.000.000
<b>Vibrador Tolva</b>	1	700.000	700.000
<b>Bomba Sumergible Aguas Retorno</b>	2	800.000	1.600.000
<b>Sensor de nivel (bajo y alto)</b>	2	200.000	400.000
<b>Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección</b>	2	1.100.000	2.200.000
<b>Obra Civil Silo</b>	-	9.350.130	9.350.130
<b>Costo Mantenición</b>	-	-	1.500.000
<b>Costo Total Alternativa</b>	-	-	143.732.170

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Una vez tabulados los datos, se procede a confeccionar el flujo de caja, mediante el cálculo de los costos fijos, inversión inicial, préstamo bancario y depreciaciones.

Para la primera alternativa, se muestra en la tabla 4.78 el flujo de caja del inversionista desde el año 1 hasta el 10:

**Tabla N° 4.78: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 7**

FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA		2017	2018	2019	2026
DETALLE	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 10
Ingresos por Cobros		\$ 844.089.879	\$ 869.412.575	\$ 895.494.953	\$ 1.101.345.839
Costos Operacionales		-\$ 5.849.296	-\$ 6.024.775	-\$ 6.205.518	-\$ 7.632.005
Intereses Préstamo		-\$ 16.522.444	-\$ 16.522.444	-\$ 16.522.444	
Depreciación		-\$ 15.518.785	-\$ 15.518.785	-\$ 15.518.785	-\$ 15.518.785
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>		<b>\$ 806.199.354</b>	<b>\$ 831.346.572</b>	<b>\$ 857.248.206</b>	<b>\$ 1.078.195.049</b>
Tasa Impuesto Renta		25,0%	25,5%	27,0%	33,5%
Impuesto Renta		\$ 201.549.839	\$ 211.993.376	\$ 231.457.016	\$ 361.195.341
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 604.649.515</b>	<b>\$ 619.353.196</b>	<b>\$ 625.791.190</b>	<b>\$ 716.999.708</b>
Depreciación		\$ 15.518.785	\$ 15.518.785	\$ 15.518.785	\$ 15.518.785
Inversión Inicial	-\$ 143.732.170				
Inversión en Cap. De Trabajo	-\$ 1.200.000				\$ 1.200.000
Préstamo	\$ 58.000.000				
Amortización Deuda		-\$ 5.716.766	-\$ 7.877.902	-\$ 10.039.037	
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-\$ 86.932.170</b>	<b>\$ 614.451.534</b>	<b>\$ 626.994.079</b>	<b>\$ 631.270.938</b>	<b>\$ 733.718.493</b>

Fuente: Elaboración Propia (2016)

Los costos operacionales son determinados a través del cálculo del consumo energético, consumo de químicos y transporte. Dichos cálculos se presentan en las tablas 4.79, 4.80, 4.81 y 4.82:

**Tabla N° 4.79: Cálculo consumo eléctrico alternativa 7**

EQUIPO	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Potencia Instalada kW	Equipos Operando	Hrs Operación	Consumo Kw/día	dia/mes	Consumo anual (kwh/mes)	Consumo anual (kwh/año)
<b>TRATAMIENTO BIOLÓGICO</b>									
Puente sedimentador	1	0,37	0,37	0,37	24,00	3,29	30,00	99	1.183
<b>TRATAMIENTO DE LODOS</b>									
Puente espesador	1	0,37	0,37	1,00	24,00	8,88	30,00	266	3.197
Bomba NETZSCH Modelo NM053BY01L07V	1	2,20	2,20	1,00	8,00	17,60	24,00	422	5.069
<b>DESHDRATADO DE LODOS</b>									
Prensa Tornillo	1	1,50	1,50	1,00	8,00	12,00	24,00	288	3.456
Medidor de Caudal Electromagnético	1	0,10	0,10	1,00	8,00	0,80	24,00	19	230
Bomba aguas de cola	1	0,75	0,75	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Dilutor de Polímero	1	0,75	0,75	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Bomba dosif. Polímero	2	0,75	1,50	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
<b>ENCALADO DE LODOS</b>									
Tornillo Mezclador	1	1,50	1,50	1,00	8,00	12,00	0,00	0	0
Tornillo Transportador	2	1,50	3,00	1,00	8,00	12,00	0,00	0	0
Tolva Dosificador de cal	1	0,37	0,37	1,00	8,00	2,96	0,00	0	0
Vibrador Tolva	1	0,18	0,18	1,00	8,00	1,44	24,00	35	415
Bomba sumergible aguas retorno	2	0,75	1,50	1,00	8,00	6,00	24,00	144	1.728
Sensor de nivel (alto y bajo)	2							0	0
<b>DESINFECCIÓN</b>									
Bomba dosificadora hipoclorito Desinfeccion	2	0,01	0,02	1,00	24,00	0,24	30,00	7	86
<b>Total</b>						<b>95</b>	<b>282</b>	<b>1.712</b>	<b>20.548</b>

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.80:** Consumo de químicos alternativa 7

Consumo Reactivos	kg/día	kg/mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Polimero	0,9	28	3000	\$/kg	\$ 84.230	\$ 1.010.764
Cal	35,1	1053	42	\$/kg	\$ 44.221	\$ 530.651
					Total	\$ 1.541.414

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.81:** Costos de transporte alternativa 7

Transporte de Lodos	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Transporte y Disposición	0,50	15,0	15000	\$/m <sup>3</sup>	\$ 225.429	\$ 2.705.143

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.82:** Costos de electricidad de la alternativa 7

Consumo energía eléctrica	kWh/mes	\$	Unidad	\$/mes	\$/año
Energía	1712	78	\$/kWh	\$ 133.562	\$ 1.602.739

Fuente: Elaboración Propia (2016)

La suma anual de gastos operacionales asciende a \$5.849.296.

Para el cálculo del préstamo, se trabajó con un crédito a 60 meses del Banco de Chile y se procedió a calcular las cuotas anuales. Los detalles se presentan en las tablas 4.83 y 4.84:

**Tabla N° 4.83:** Cálculo préstamo de la alternativa 7

Préstamo (\$)	\$ 58.000.000	pesos
Cuotas	60	meses
Periodo	5	años
Tasa de Interés	13,08%	anual
Cuota	\$ 16.522.444	anual
Total Crédito	\$ 82.612.218	periodo

Fuente: Elaboración Propia (2016)

**Tabla N° 4.84:** Cálculo de cuotas alternativa 7

Cuotas	Pago Cuota	Cuota de Capital	Cuota Interés	Deuda Extinguida	Deuda Residual
0					\$ 82.612.218
1	\$ 16.522.444	\$ 5.716.766	\$ 10.805.678	\$ 5.716.766	\$ 66.089.774
2	\$ 16.522.444	\$ 7.877.902	\$ 8.644.542	\$ 13.594.667	\$ 49.567.331
3	\$ 16.522.444	\$ 10.039.037	\$ 6.483.407	\$ 23.633.704	\$ 33.044.887
4	\$ 16.522.444	\$ 12.200.173	\$ 4.322.271	\$ 35.833.876	\$ 16.522.444
5	\$ 16.522.444	\$ 14.361.308	\$ 2.161.136	\$ 50.195.184	\$ -

Fuente: Elaboración Propia (2016)

En la tabla 4.85 se refleja el cálculo lineal de la depreciación desde el año 1 hasta el 10:

**Tabla N° 4.85:** Depreciación lineal componentes de la alternativa 7

	Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 10
Puente espesador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Bomba NETZSCH Modelo NM053BY01L07V	10	\$ 4.120.120	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012
Base metálica tipo C conforme norma ASTM A-36	10	\$ 319.600	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960
KIT STP3 Contra Trabajo en Seco (PT100-Display)	10	\$ 374.000	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400
Prensa Tornillo	10	\$ 45.000.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
Medidor Caudal Electromagnético	10	\$ 2.424.000	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400
Preparador de polímero	10	\$ 14.000.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
Bomba aguas de cola	10	\$ 6.500.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000
Dilutor de polímero	10	\$ 4.000.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000
Bomba dosificadora de polímero	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Tornillo Mezclador	10	\$ 17.000.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Tornillo Transportador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Tolva Dosificadora de Cal	10	\$ 7.000.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
Vibrador Tolva	10	\$ 700.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000
Bomba Sumergible Aguas Retorno	10	\$ 1.600.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000
Sensor de nivel (bajo y alto)	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Silo Cal	10	\$ 9.350.130	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013
<b>Total Depreciación Anual</b>			<b>\$ 15.518.785</b>	<b>\$ 15.518.785</b>	<b>\$ 15.518.785</b>	<b>\$ 15.518.785</b>

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Es necesario destacar, que cada uno de los equipos se depreció con los datos utilizados de la empresa respecto a la vida útil de los equipos.

Para este flujo de caja, el VAN se calculó en \$46.547.805 y la TIR es de un 709%, con una tasa de descuento del 4,7%.

Una vez calculado el VAN de cada alternativa, se ordenaron las alternativas en orden descendiente según el VAN calculado, y con base en el cálculo del VPN o VAN para cada alternativa, se concluye que ninguna alternativa se rechaza, por lo que se procede a realizar el análisis incremental.

Primero, ordenamos las alternativas en orden ascendente por monto de inversión, como se muestra en la tabla 4.86:

**Tabla N° 4.86:** Orden de alternativas según monto de inversión

INVERSION	Beneficio	VAN	TIR	Alternativa
\$ 143.732.170	\$ 733.718.493	\$46.547.805	709%	7
\$ 156.917.850	\$ 735.172.202	\$36.767.888	652%	5
\$ 157.610.957	\$ 733.351.084	\$38.192.575	648%	6
\$ 168.405.737	\$ 732.714.669	\$34.926.419	631%	1
\$ 168.405.737	\$ 733.647.844	\$28.938.526	603%	4
\$ 176.693.720	\$ 733.945.557	\$23.506.132	573%	3
\$ 188.901.607	\$ 733.829.947	\$15.926.566	535%	2

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

Luego se calculó el VAN respecto de la diferencia entre la inversión y el beneficio de la primera y segunda alternativa escogidas, y así con las demás. Para éste caso, el beneficio de cada alternativa es el monto al año 10 extraído de cada flujo de caja obtenido.

La tabla 4.87 arroja los siguientes resultados:

Se rechaza el incremento de inversión, desde 7 a 5, 6, 1, 4, 3 y 2, ya que  $VPN < 0$  para dichas las alternativas. Según el método del análisis incremental, la alternativa 7 “**PTAS Puerto Varas-Llanquihue con reemplazo de Filtro Banda por Prensa Tornillo**”, es la alternativa a considerar según el modelo de evaluación económica.

**Tabla N° 4.87:** Registro comparativo de VAN por alternativas comparadas

Alternativas	Diferencia	VAN
7 y 5	\$ -11.731.971	\$-2.058.240
7 y 6	\$ -14.246.196	\$-2.499.333
7 y 1	\$ -25.677.391	\$-4.504.805
7 y 4	\$ -24.744.216	\$-4.341.091
7 y 3	\$ -32.734.486	\$-5.742.892
7 y 2	\$ -45.057.983	\$-7.904.909

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

#### 4.3.2. Análisis de variables críticas de la línea de lodos

Los análisis presentados en las tablas 4.88 y 4.89 muestran la variación producida por cada una de las nuevas alternativas en cuanto a consumo eléctrico mensual y costos de transporte y disposición de lodos, teniendo como parámetro de comparación la situación actual.

- a) **Energía eléctrica:** La energía eléctrica a lo largo del análisis de las alternativas tuvo las siguientes fluctuaciones:

**Tabla N° 4.88:** Fluctuación de costos de energía eléctrica por alternativa

Alternativa	Consumo Mensual (kW)	Precio (\$/año)	Variación (%)
Actual	3.683	\$ 3.447.288	0%
1	3.781	\$ 3.539.016	103%
2	3.647	\$ 3.413.592	99%
3	2.864	\$ 2.680.704	78%
4	3.781	\$ 3.539.016	103%
5	1.808	\$ 1.692.288	49%
6	2.495	\$ 2.335.320	68%
7	1.712	\$ 1.602.432	46%

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

La alternativa que menos costo eléctrico genera es la alternativa 7, con un 54% menos de consumo energético que la situación actual.

- b) **Polielectrolito:** Ésta variable se encuentra sin variación a lo largo del análisis de alternativas, su consumo es constante.
- c) **Cal:** Ésta variable se encuentra sin variación a lo largo del análisis de alternativas, su consumo es constante.
- d) **Transporte:** El transporte a lo largo del análisis de las alternativas tuvo las siguientes fluctuaciones:

**Tabla N° 4.89:** Fluctuación de costos de transporte por alternativa

Alternativa	Producción Lodo (m <sup>3</sup> /día)	Precio (\$/año)	Variación (%)
Actual	0,53	\$ 2.840.400	0%
1	0,46	\$ 2.469.913	87%
2	0,28	\$ 1.494.947	53%
3	0,30	\$ 1.623.086	57%
4	0,24	\$ 1.321.116	47%
5	0,26	\$ 1.420.200	50%
6	0,44	\$ 2.367.000	83%
7	0,50	\$ 2.705.143	95%

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

La alternativa que posee el menor costo de transporte es la alternativa 4, con un 53% menos que la situación actual. Esto se debe a que el filtro de prensa alcanza un PRH del 40%, y sumado al 3% adicional que proporciona el digester aerobio, hace que en éste caso la reducción del lodo de salida sea superior al resto de las tecnologías.

#### **4.4 Etapa 4: Desarrollo de herramienta de toma de decisiones**

##### **4.4.1. Análisis comparativo de aspectos técnicos y económicos para la toma de decisiones**

Para realizar una comparación de aspectos técnicos y económicos se elaboró una tabla que recopila los elementos más importantes del análisis, los cuales son presentados en la tabla 4.90:

**Tabla N° 4.90:** Matriz comparativa de antecedentes por alternativa

Alternativa	Inversión	Beneficio	Consumo Eléctrico Mensual (kWh)	Costo Energético Anual	PRH Final	Producción Final Lodo Diario (m <sup>3</sup> /d)	Costo Transporte Anual	Costo Operacional Total Anual
1	\$168.405.737	\$732.714.669	3.781	\$3.539.016	23%	0,46	\$ 2.469.913	\$ 7.550.463
2	\$188.901.607	\$733.829.947	3.647	\$3.413.592	38%	0,28	\$ 1.494.947	\$ 6.449.699
3	\$176.693.720	\$733.945.557	2.864	\$2.680.704	35%	0,30	\$ 1.623.086	\$ 5.845.511
4	\$168.405.737	\$733.647.844	3.781	\$3.539.016	43%	0,24	\$ 1.321.116	\$ 6.401.667
5	\$156.917.850	\$735.172.202	1.808	\$1.692.288	40%	0,26	\$ 1.420.200	\$ 4.654.209
6	\$157.610.957	\$733.351.084	2.495	\$2.335.320	24%	0,44	\$ 2.367.000	\$ 6.243.480
7	\$143.732.170	\$733.718.493	1.712	\$1.602.432	21%	0,50	\$ 2.705.143	\$ 5.849.296

*Fuente: Elaboración Propia (2016)*

De la tabla 4.90 se puede inferir lo siguiente:

- a) La alternativa 7 presentó la menor inversión y el menor consumo eléctrico mensual.
- b) La alternativa 5 presentó un mayor beneficio y el menor costo operacional anual.
- c) La alternativa 4 presentó el menor costo en transporte, directamente relacionado con la menor producción final de lodo diario.

El desarrollo de la matriz permitió vislumbrar el comportamiento de cada alternativa respecto a los costos operacionales involucrados con cada una, lo cual dió paso a la selección de la mejor alternativa de inversión para la línea de lodos.

#### **4.4.2. Selección de la mejor alternativa de inversión para la línea de lodos.**

Con base en la selección de variables críticas definidas en el diagnóstico, aquella con más incidencia es la energía eléctrica (64,84%), y en relación a esto, la alternativa que menor consumo eléctrico mensual presenta es la alternativa 7 (1.712 kWh), considerando el reemplazo del Filtro de Banda por una Prensa de Tornillo. Ésta alternativa ofrece al proceso no sólo un PRH elevado (40%), sino también un muy bajo consumo de energía (0,2 kWh/m<sup>3</sup>).

La razón del por qué el análisis incremental rechaza todas las alternativas distintas de 7, es que, si no existiera más alternativa de inversión que 1, 2, 3, 4, 5 o 6, que son excluyentes, debería invertirse en cualquiera de ellas porque VPN es mayor a 0, pero si no son alternativas únicas y se comparan dentro de un grupo, entonces deben rechazarse porque existen mejores alternativas, en éste caso es la alternativa 7.

Es por esto, que la alternativa 7 **“PTAS Puerto Varas-Llanquihue con reemplazo de Filtro Banda por Prensa Tornillo”** fue aquella elegida por el análisis incremental por ser la alternativa que posee una mayor TIR (719%). Esto quiere decir que, si la empresa decidiera invertir en ésta alternativa, obtendría la mayor ganancia, debido a la conducta racional de un inversionista, y además, disminuye los costos operacionales anuales de \$13.675.457 a \$5.849.296, es decir, en casi un 58% respecto de la situación actual, optimizando el recurso económico de la empresa destinado para ésta actividad, y cumpliendo con el objetivo del estudio.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con relación al objetivo general de la investigación, se desarrollan propuestas de mejora de costos operacionales al proceso de tratamiento de lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas de Puerto Varas-Llanquihue (en adelante PTAS), de la Empresa de Servicios Sanitarios de Los Lagos (ESSAL S.A.), específicamente en su línea de lodos, mediante un análisis técnico y económico global de la línea de lodos, lo que entrega la información suficiente para llevar a cabo cada uno de los objetivos específicos y poder dar cumplimiento al objetivo general.

Se realizó un diagnóstico de la línea de lodos mediante un levantamiento de procesos, el cual se realiza mediante una visita a la PTAS, donde se procede a la diagramación del proceso de tratamiento según el formato de presentación ISO 9000 y así obtener una visión global de la situación actual. Luego, se lleva a cabo un registro técnico y económico de los equipos existentes en la línea de lodos, lo cual basándose en un estudio económico previo de la PTAS realizado por la empresa, se identifica que los costos en consumo de polímero son de \$1.523.083 anual, \$8.866.982 en consumo eléctrico anual y \$3.284.982 anual en costos de transporte y disposición de lodos, lo cual arroja un total de \$13.675.457, correspondiente al nivel operativo de la línea de lodos en cuanto a costos operacionales, siendo este un 20,7% respecto del total de los costos operacionales de la PTAS.

Las variables críticas de la línea de lodos en base a los cálculos operativos del proceso son la energía eléctrica, con un 64,84% de los costos operacionales totales anuales, y los costos de transporte y disposición de lodos, con un 24,02% del total. Esto conduce a que el estudio se enfoque en estas dos variables a la hora de generar alternativas tecnológicas para realizar la propuesta de mejora.

Mediante conversaciones con personal de la empresa y la anterior visita a terreno, se identificaron posibles alternativas de inversión para la línea de lodos de la PTAS, con su correspondiente configuración, presentando cada alternativa una composición con base en la situación actual identificada durante el diagnóstico. Las alternativas que surgen a raíz de este estudio presentan variaciones en cuanto a la adición de un Digestor Aerobio, y al reemplazo del Filtro de Banda de la situación inicial, resultando en 7 alternativas, las cuales fueron debidamente detalladas, con las especificaciones técnicas de sus componentes.

Una vez especificadas las alternativas de inversión, se realizó un análisis de aspectos técnicos de cada una. Para ello, se elabora una tabla comparativa, mediante la cual se comparan aspectos como el PRH de la torta, consumo de polímero, recuperación de la inversión, capacidades de operación, obra civil necesaria, necesidades de operación, desodorización, consumo energético, mantenimiento, consumo de agua y monto de inversión. Dichos parámetros llevan a concluir que estos son de suma importancia a considerar a la hora de establecer alternativas de mejora tecnológica, ya que tomándolos en cuenta se puede llegar a determinar la mejor alternativa posible.

Cabe destacar que, acorde a la toma de decisión para una alternativa, se consideraron con mayor importancia aquellos parámetros que alterarán directamente a las variables críticas, ya que éstas determinan finalmente cuales alternativas tienen una mayor incidencia en los costos operacionales totales anuales. Los parámetros que cumplen principalmente con esto son la humedad de la torta, la cual altera directamente la producción de lodo y por consecuencia los costos de transporte y disposición de lodos, y el consumo energético. El análisis de dichos parámetros, logra dar cumplimiento al segundo objetivo específico, del cual se concluye que si una alternativa posee un PRH de torta buena, no necesariamente tendrá un menor consumo energético, como es el caso de la centrifuga, donde el PRH de la torta es buena (35%) pero tiene el mayor consumo energético dentro de las alternativas, o para el caso del filtro de prensa, que posee un consumo energético muy bajo, sin embargo el PRH de torta es también baja (21%).

Se calcula el valor actual neto (en adelante VAN) y la tasa interna de retorno (en adelante TIR) de cada una, mediante la confección del correspondiente flujo de caja por alternativa en un horizonte de 10 años, el cual considera una tasa de descuento (compuesta por una proyección de la inflación y el riesgo para la empresa), una proporción de deuda mediante préstamo bancario del Banco de Chile a 60 meses y financiamiento de la empresa, un capital de trabajo, la depreciación de los componentes mediante el rango de vida útil de la empresa y el beneficio generado por cada alternativa, así como sus costos totales.

El beneficio generado por cada alternativa es calculado con base en la producción de lodo por cliente por año, con un total de 0,038 [m<sup>3</sup>/año], lo cual sumado a un costo fijo mensual por cliente (obtenido de la tarifa vigente de la empresa al 8 de enero del presente año), arroja un total anual de \$844.089.879. Los costos totales consideran los costos operacionales totales anuales, tomando en cuenta cada una de las variables críticas y los componentes de cada una de las alternativas de inversión. Las variables críticas fueron consideradas por separado, haciendo para cada una el cálculo de costos anual en cuanto a químicos, transporte y energía eléctrica.

Para la aplicación del análisis incremental, se ordenó las alternativas de menor a mayor en cuanto al monto de inversión, y siendo que todas las alternativas arrojaron un VAN > 0, se inicia el análisis incremental a partir de la alternativa 7, la cual, con VAN de \$48.895.644 y TIR de un 719%, se compara con la siguiente alternativa, en éste caso, la alternativa 5, para evaluar un posible aumento en la inversión. Para establecer una relación ente ambas, se toman en cuenta tanto inversión como beneficio por alternativa, haciendo posible comparar el VAN entre ambas. El resultado de ésta primera comparación, supone un rechazo al aumento de inversión de 7 a 5, puesto que la relación entre ambas genera un VAN < 0, se rechaza. Coincidentemente, lo mismo sucede para los demás casos, lo que se corresponde con la TIR, ya que en ningún caso las alternativas distintas de 7 superan la TIR inicial, que es de un 719%.

Luego, se lleva a cabo un análisis de variables críticas, en el cual los costos de polímero y cal (CaO) no se vieron afectados, ya que se contemplan alternativas de mejora tecnológica respecto de los equipos que alteran en mayor medida las variables críticas más destacadas, el consumo energético y el transporte y disposición de lodos. Para esto, se lleva a cabo una comparación de alternativas en dos apartados. El primero analiza la fluctuación de costos de energía eléctrica para cada alternativa, donde se tabula el consumo mensual, el costo anual y la variación, con respecto a la situación actual, obteniendo que las alternativas 1 y 4 aumentan en un 3% el consumo energético, mientras que el resto de las alternativas lo disminuye, siendo la alternativa 7 aquella que presenta un menor consumo energético, el cual es de un 54% menos. El segundo apartado analiza la fluctuación de costos de transporte por alternativa, donde se tabula la producción diaria de lodo, el costo por año y la variación respecto de la situación actual. Dicho análisis entrega como resultado que la alternativa 4 es aquella que reduce en mayor medida la producción de lodo, siendo la fluctuación de un 53% menos que la situación actual.

El cuarto y último objetivo específico se lleva a cabo mediante el análisis de aspectos técnicos y económicos relevantes representados en una tabla comparativa, la cual genera una herramienta para la toma de decisiones a mediano y corto plazo. En dicha tabla, se consideran parámetros tales como la inversión correspondiente a cada alternativa, así como el beneficio generado por cada una, el consumo eléctrico mensual con su correspondiente costo energético anual, el PRH final que presenta, la producción final de lodo diario, el costo anual de transporte y disposición, y el costo operacional total anual relativo a cada alternativa.

Según la herramienta obtenida, la selección de la mejor alternativa de inversión para la línea de lodos de la PTAS Puerto Varas-Llanquihue, la cual, siguiendo la conducta racional de un inversionista, como propone Sullivan (2004), debe ser aquella que, al invertir en ella, proporcione la mayor ganancia. En este sentido, la alternativa que cumple con lo anterior es la alternativa 7 **“PTAS Puerto Varas-Llanquihue con reemplazo de Filtro Banda por Prensa Tornillo”**, ya que además de poseer la más alta TIR de entre todas las alternativas, disminuye los costos operacionales anuales de \$13.675.457 a \$5.849.296, es decir, en casi un 58% respecto de la situación actual, cumpliendo con el objetivo del estudio.

Como recomendaciones del proyecto se establece que:

Se recomienda el uso de éste estudio para evaluar alternativas que a futuro signifiquen una mejora sustancial en el proceso de tratamiento y la optimización de costos.

A pesar de incluir los costos de mantención en cada una de las alternativas de mejora tecnológica, no se presenta ninguna propuesta concreta para mejorar este ámbito. Considerando que, en la etapa de diagnóstico de la planta, se presentan dos claras falencias de mantenimiento del proceso que podrían mejorarse, en este apartado se exponen algunos aspectos a tener en cuenta en un eventual plan de

mantenimiento que la empresa pueda implementar, las cuales son la acumulación de musgo en las orillas del espesador gravitacional, y la acumulación de cal (CaO) en la tolva dosificadora.

Se recomienda que la empresa formule un plan de mantención preventiva, a fin de reducir costos en reparaciones y aumentando la efectividad de sus procesos.

Como ampliación del proyecto, la eventual evaluación de un digestor anaerobio como alternativa tecnológica, puede suponer un beneficio importante para la empresa en cuanto a reducción de costos operacionales, ya que dicha tecnología incorpora el concepto de reutilización energética, traducido en la combustión del lodo para generar energía que pueda abastecer a la planta de tratamiento.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

Baca, G. (2012). Fundamentos de Ingeniería Económica (Quinta edición). D.F. – México: McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V., 511p.

Blank, L., Tarquin, A. (2012). Ingeniería Económica (Séptima edición). D.F. – México: McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V., 615p.

Chase, R., Jacobs, F., Alquilano, N. (2009). Administración de Operaciones - Producción y Cadena de Suministros. México, D.F.: McGraw-Hill. 776p.

Chernicharo, C. (2013). Introducción a la Calidad del Agua y al Tratamiento de Aguas Residuales - Principios del Tratamiento Biológico de Aguas Residuales. Belo Horizonte - Brasil: Editorial Universitaria, Universidad de Nariño, 395p.

Comisión Nacional de Agua. (2013). Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón. Tlalpan, México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 79p.

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas (CEPIS). (2002). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua - Manual de capacitación para operadores. Lima, Perú.: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). 862p.

Crites, R., Tchobanoglous, G. (2000). Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para Núcleos Pequeños y Descentralizados (Tomo 1). Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A. 343p.

Crites, R., Tchobanoglous, G. (2000). Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para Núcleos Pequeños y Descentralizados (Tomo 3). Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A. 380p.

Gobierno de España, Ministerio de Ciencia e Innovación. (2010). Tecnologías de Tratamiento de Aguas para su Reutilización - Programa Consolider Tragua. España: Consolider Tragua. 213p.

Hernández, A., Hernández A., Galán P. (2013). Manual Depuración Uralita. España, Madrid. PARANINFO S.A. 472p.

Hernández, A. (1998). Depuración de Aguas Residuales. España, Madrid: PARANINFO S.A. 1006p.

Metcalf & Eddy, INC., Tchobanoglous, G., Burton, F. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales - Tratamiento, Vertido y Reutilización (Tercera Edición). España, Madrid.: McGraw-Hill/Interamericana de España S.A. 1462p.

Nahmias, S. (2007). Análisis de la Producción y las Operaciones. (Quinta Edición). México, D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores. 785p.

Noyola, A., Morgan-Sagastume, J., Güereca, L. (2013). Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. México: Instituto de Ingeniería UNAM. 128p.

Parra, C., Crespo A. (2012). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos – Desarrollo y aplicación práctica de un Modelo de Gestión del Mantenimiento (MGM). España, Sevilla.: INGEMAN. 260p.

Ramalho, R. (1990). Tratamiento de Aguas Residuales. Quebec, Canadá: Reverté S.A. 705p.

Ronzano, E., Dapena J. L. (1995). Tratamiento Biológico de las Aguas Residuales. España, Madrid: Díaz de Santos S.A. 511p.

Sullivan ,W., Wicks, E., Luxhoj, J. (2004). Ingeniería Económica de DeGarmo. (Duodécima edición). México: PEARSON EDUCACIÓN. 736p.

Taha, H. (2012). Investigación de Operaciones. (Novena edición). México: PEARSON. 842p.

THE NATIONAL ACADEMIES PRESS (2012). Water Reuse – Potential for Expanding the Nation’s Water Supply Through Reuse of Municipal Wastewater. Washington D.C., Estados Unidos: Marston Book Services Limited, Oxfordshire. 262p.

Von Sperling, M. (2012). Introducción a la Calidad del Agua y al Tratamiento de Aguas Residuales - Principios del Tratamiento Biológico de Aguas Residuales. Belo Horizonte - Brasil: Editorial Universitaria, Universidad de Nariño, 468p.

## 7 LINKOGRAFÍA

Alfa Laval BA (2016). Catálogo virtual tecnologías para deshidratación de lodos. noviembre 24, 2016, de ALFA LAVAL BA Sitio web:

Espinoza M. Superintendente de Servicios Sanitarios (SISS). (2014). Superintendente. noviembre 2, 2015, de Superintendencia de Servicios Sanitarios Sitio web: <http://www.siss.gob.cl/577/w3-propertyvalue-3403.html>

Empresa de Servicios Sanitarios de Los Lagos S.A. (ESSAL S.A.). (2014). Actividades y Negocios. octubre 15, 2015, de ESSAL S.A. Sitio web: <http://www.essal.cl/Pagina.aspx?id=4>

Inversión-es: La enciclopedia de las inversiones. (2014). Admin. octubre 4, 2016, de Inversión-es: La enciclopedia de las inversiones. Sitio web: <http://www.inversion-es.com/economia/indicadores-economicos.html>

Marín, J., García, J. (2012). Cálculo de indicadores productivos. octubre 7, 2016, de ROGLE. Depto. de Organización de Empresas. Sitio web: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16050/indicadores.pdf?sequence>

Servicio de Impuestos Internos (SII). (2003). NUEVA TABLA DE VIDA ÚTIL DE LOS BIENES FÍSICOS DEL ACTIVO INMOVILIZADO. octubre 3, 2016, de SII. Sitio web: [http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla\\_vida\\_enero.htm](http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm)

Servicio de Impuestos Internos (SII). (2016). TASAS DE PRIMERA CATEGORÍA. Octubre 6, 2016, de SII. Sitio web: [http://www.sii.cl/preguntas\\_frecuentes/renta/001\\_002\\_4708.htm](http://www.sii.cl/preguntas_frecuentes/renta/001_002_4708.htm)

## 8 ANEXOS

### ANEXO A: Distribución de Costos en PTAS

Para realizar el cálculo económico de los costos relacionados a la planta de tratamiento, es preciso conocer qué tipos de costos asociados existen. Según Aguas Andinas (2010), los tipos de costos asociados y sus respectivos indicadores son los siguientes:

Costo	Incidencia (%)	Indicador
Energía	30	kWh/año
Lodos	27	Ton/año
Insumos Químicos	14	USD/kg \$/kg
Personal	13	MM\$/año
Mantenimiento	8	MM\$/año
Monitoreo	7	MM\$/año
Residuos	1	Ton/año

*Fuente: Aguas Andinas (2010)*

### ANEXO B: Memorias de cálculo EDAR\_Llanquihue

DESCRIPCION	UNIDAD	Llanquihue- Puerto Varas
<b>CAUDALES</b>		
Caudal Medio Diseño	m <sup>3</sup> /día	10152
Caudal Medio Diseño	l/s	117,5

*Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)*

**ANEXO B - Continuación: Memorias de cálculo EDAR\_Llanquihue**

Caudal Máximo Diseño		215,2
Población Servida	hab	98427
<b>Caracterización AS</b>		
DBO med	mg/l	196
DBO Max		
SST med	mg/l	
SST Max		
NTK med	mg/l	
NTK Max	mg/l	
P t med	mg/l	
P t Max	mg/l	
<b>CARGAS DISEÑO</b>		
DBO	KgDBO/día	1.990
SST		0
NTK		0,0
<b>PRETRATAMIENTO</b>		
<b>DESBASTE</b>		
Tipo de Reja		Rectangular
Numero Unidades	#	2,0
Ancho	m	0,5
Largo	m	0,0
Especiado	mm	3,0
<b>DESARENADO</b>		
Tipo		Aireado
Número Unidades	#	2,0
Ancho	m	2,5
Largo	m	10,0
Sistema de aireación		Difusores

Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)

**ANEXO B - Continuación: Memorias de cálculo EDAR\_Llanquihue**

<b>TRATAMIENTO BIOLÓGICO</b>		
<b>ESTANQUES DE AIREACIÓN</b>		
Número de Estanques	#	2
ancho	m	11
Largo	m	50
altura Útil	m	4
Volumen útil Unitario	m <sup>3</sup>	2.200
Volumen Total	m <sup>3</sup>	4.400
<b>CÁLCULO DE BIOMASA</b>		
EDAD DEL LODO	días	13
FACTOR DE CARGA F/M	KgDBO/KgSSVLM/d	0,099
Masa de Lodo Purgado por día	Kg/día	3.065,79
SSVLM	mg/l	3000
<b>SEDIMENTADOR SECUNDARIO</b>		
Forma Sedimentador	m <sup>2</sup>	530,93
Número de Sedimentadores	#	2
Área Unitaria Sedimentador	m <sup>3</sup> /día	5076
Caudal Recirculación	%	115
Caudal Medio Total por Sedimentador	m <sup>3</sup> /día	10.152
<b>SOPLADORES</b>		
Nº de soplantes por reactor	#	1,00
Nº total de soplantes	#	2,00
Potencia asumida por soplante	KW	55,00
Caudal de aire Total	m <sup>3</sup> /h	7990,80
Nº de difusores por reactor	#	288
Nº total de difusor	#	576

Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)

**ANEXO B - Continuación: Memorias de cálculo EDAR\_Llanquihue**

<b>TRATAMIENTO Y DESHIDRATADO DE LODOS</b>		
Concentración Lodo en Exceso	Kg/m <sup>3</sup>	6,4
Volumen de Lodo en exceso	m <sup>3</sup> /día	479,0
Masa de Lodo purgado	Kg/día	3.065,8
<b>DESINFECCIÓN UV</b>		
Caudal máximo	m <sup>3</sup> /h	774,72
	l/s	215,20
<u>Banco UV Trojan</u>		
Tiempo retención hidráulico	s	5,1
Volumen útil banco	l	1092
Intensidad UV	mW/cm <sup>2</sup> s	16
<i>Dosis radiación</i>	mW/cm <sup>2</sup>	81,19
<u>Banco UV Wedeco</u>		
Tiempo retención hidráulico	s	4,64
Volumen útil banco	l	999
Intensidad UV	mW/cm <sup>2</sup> s	26
<i>Dosis radiación</i>	mW/cm <sup>2</sup>	120,70
Dosis Total	mW/cm <sup>2</sup>	201,89
<b>ESPEADOR GRAVITACIONAL</b>		
Carga de sólidos	Kg/m <sup>2</sup> *día	37,4
	Kg/m <sup>2</sup> *h	1,56
Carga Hidráulica	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *día	5,85
	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h	0,24
Altura del espesador (Importante)	m	5,0
Diámetro (o largo/ancho para esp. rectangular)	m	11,0
Área unitaria Espesador		81,9
Tiempo de retención hidráulico	h	24,00
PRH del fango después de espesador	%	2

Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)

**ANEXO B - Continuación: Memorias de cálculo EDAR\_Llanquihue**

Producción de lodos (SST)	Kg/día	3065,79
Concentración de entrada del lodo	Kg/m <sup>3</sup>	6,40
Concentración de salida del lodo	Kg/m <sup>3</sup>	12,80
Volumen del espesador	m <sup>3</sup>	477,8
Caudal diario bombeado de lodo al espesador	m <sup>3</sup> /d	479,03
Área requerida del espesador	m <sup>2</sup>	81,90
Comprobación de carga de sólidos	Kg/m <sup>2</sup> *día	37,43
Volumen Lodo efluente de espesador(es)	m <sup>3</sup> /día	122,78
Volumen de sobrenadante espesador(es)	m <sup>3</sup> /día	354,61
<b>DESHIDRATADO</b>		
Tipo		Filtro Banda
Masa Lodo Afluente a deshidratado	KgSS/h	210
Concentración Lodo Afluente a deshidratado	Kg/m <sup>3</sup>	30,0
Caudal de Lodo afluente a deshidratado	m <sup>3</sup> /h	7,16
Tiempo de Deshidratado	h/día	14,32
Días de Deshidratado	días/semana	7
Número de Unidades		1
Ancho de banda	m	1,5
Volumen Lodo efluente deshidratado	m <sup>3</sup> /semana	164,1
Caudal de Líquidos filtrados	m <sup>3</sup> /h	6,18

*Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)*

ANEXO C: Tarifa vigente ESSAL S.A. al 8 de enero de 2016

ESSAL			
Diario de publicación:		El Mostrador	
Fecha de publicación:		08-ene-16	
Fecha de vigencia:		08-ene-16	
Grupo Tarifario:		2	
Localidades:		La Unión, Río Bueno, Puerto Varas, Llanquihue, Frutillar, Ancud, Puerto Montt, Futaleufú	
Cargos	Valores	Cargos	Valores
Cargo fijo cliente (\$/mes)	712	Corte (\$/evento)	
Variables no punta (\$/m3)	Agua Potable con flúor todas las localidades	visita de corte	4.315
		primera instancia	4.315
		segunda instancia	8.145
Alcantarillado La Unión, Río Bueno Puerto Varas, Llanquihue, Frutillar, Ancud, Puerto Montt, Futaleufú	583,89 961,59 826,36	Reposición (\$/evento)	
		primera instancia	4.315
		segunda instancia	8.145
Otros cobros (\$/mes)	Grifos	Control de Riles (\$/evento)	
		Batch	20.563
		8 horas	104.545
		12 horas	109.046
Revisión de Proyectos (\$/empresa)	Valor máximo % Valor mínimo	24 horas	200.273
		Riles (tipo de análisis) (\$/análisis)	
		grupo 1	3.960
Aportes financiamiento reembolsable (\$/m3)	Producción con flúor Distribución Recolección Disposición con tratamiento La Unión, Río Bueno Puerto Varas, Llanquihue, Frutillar, Ancud, Puerto Montt, Futaleufú	grupo 2	7.604
		grupo 3	13.247
		grupo 4	5.546
		grupo 5	10.130
		grupo 6	14.161
		grupo 7	37.077
		costo administ.	68.303
Verificación de medidores (\$)	13 mm 19 mm 25 mm 38 mm 50 mm 80 mm 100 mm 150 mm	Infe rconexiones (\$/m3)	
		Agua potable (producción)	287,75
		Alcantarillado (disposición con trat.)	414,63
		AFR Producción con flúor	292,65
		AFR disposición con trat.	1.906,33

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios. (SISS, 2016)

## ANEXO D: Cotización ESSAL S.A. de DECANTER D4L – GEA Westfalia

Oferta GEA Westfalia Separator N°038-15  
Essal – Planta Frutillar  
24.03.2015  
Página 3 de 8



---

### PROPUESTA TECNICA

---

- 1) Un (1) Decanter Nuevo, DOBLE ACCIONAMIENTO, VERSIÓN FULL, MODELO UCD 346-00-32, montados sobre patas auto soportantes con todas sus partes en contacto con el producto en acero inoxidable.

- Partes rotatorias en contacto con el lodo, en acero inoxidable 1.4301, 1.4462 y 1.4404
- Partes estacionarias en contacto con el lodo en acero inoxidable 1,4301
- Motor eléctrico PRIMARIO de 18,5 [kW] para accionamiento del tambor y Motor eléctrico SECUNDARIO de 3 [kW] para accionamiento del tornillo sin fin.



- Un (1) Set de herramientas

- Capacidad Estimada:

Caudal Volumétrico: Mínimo 15 & Máximo 25 [m<sup>3</sup>/h]

Caudal Másico: hasta 500 [Kg/h] de sólido seco.

Notar que éste depende de las características propias del fluido a procesar

- ✓ **Especificaciones Técnicas Decanter**

Diámetro del tambor	: 340 mm
Largo del tambor	: 1.360 mm
l/d	: 4 (20°)
Máxima fuerza G	: 3.850
Velocidad del tambor: máx.	: 4.500 rpm
Peso: aprox.	: 1.875 (kg)
Dimensiones	: Largo 3100 (mm) x Ancho 850 (mm) x Alto 1550 (mm)

- ✓ **Motor eléctrico primario**

Voltaje	: 380 (V)
Frecuencia	: 50 (Hz)
Potencia Instalada	: 18,5 (kW)
Partida	: VDF

- ✓ **Motor eléctrico secundario**

Voltaje	: 380 (V)
Frecuencia	: 50 (Hz)
Potencia Instalada	: 3 (kW)
Partida	: VDF

Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)

## ANEXO D - Continuación: Cotización ESSAL S.A. de DECANTER D4L – GEA Westfalia

Oferta GEA Westfalia Separator N°038-15  
Essal – Planta Frutillar  
24.03.2015  
Página 4 de 8



### ✓ Datos Generales panel de control

#### ✓ Partidor del motor secundario con control de la velocidad diferencial Control motor secundario

- Operación del motor secundario con VDF
- Protección del motor con sonda PTC

#### ✓ Lectura en panel de control del operador

- Diferencial de velocidad
- Velocidad del tambor
- Torque

#### ✓ Seteos

- Los siguientes pueden ser fijados desde el panel de control:
- Mínima velocidad diferencial (Decanter off)
- Torque etapa 1 (alimentación off)
- Torque etapa 2 (decanter off)



#### ✓ Control doble accionamiento

- Control del diferencial de velocidad en función del torque

#### ✓ Parámetros de control

- Los siguientes pueden ser fijados desde el panel de control:
- Diferencial de velocidad básico
- Inicio del control
- Gradiente de control
- Tiempo de retardo

#### ✓ Medición de la temperatura de los rodamientos

- Indicación en grados Celsius

#### ✓ Valores límites:

- etapa 1 [alarma]
- etapa 2 [Decanter off]

#### ✓ Monitoreo de los set point de vibración

- etapa 1: [alarma]
- etapa 2: [shut-down of the decanter]

Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)

## ANEXO D - Continuación: Cotización ESSAL S.A. de DECANTER D4L – GEA Westfalia

Oferta GEA Westfalia Separator N°038-15  
Essal – Planta Frutillar  
24.03.2015  
Página 5 de 8



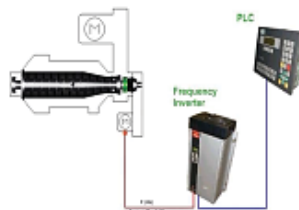
### ✓ Datos técnicos generales

Voltaje Principal: 400 [V]  
Voltaje de Control: 230 [V]  
Voltaje bajo/PLC: 24 [V]  
Frecuencia: 50 [Hz]  
Variador de frecuencia: Danfoss o similar.  
Protección: IP 55  
Cable de entrada: desde el fondo  
Gabinete: pintado con una capa de acero RAL 7035,  
Rittal  
Interruptor de accionamiento: Siemens o  
Telemecanique o similar  
Interruptor principal: Klöckner & Moeller o similar  
PLC: DCU 8000 Siemens o similar



### ✓ SISTEMA DOBLE ACCIONAMIENTO

Mediante la acción del variador de frecuencias aplicado al motor secundario y el PLC, se controla la velocidad diferencial entre el tomillo sin fin y el tambor lo que permite controlar el tiempo de residencia de los sólidos al interior del decanter y por ende el torque al que se somete; redundando esto en la optimización del proceso de separación y de la humedad finalmente obtenida en el sólido.



### ✓ VDF Motor Principal

Un (1) Variador de frecuencias (VDF) para el motor principal del Decanter. Este permite una partida suave del Decanter obteniendo una reducción de energía y potencia instalada, además de permitir la variación de la velocidad del tambor, variación que puede permitir una mayor eficiencia en la deshidratación del lodo y la clarificación de la fase acuosa.



### ✓ Alcance de suministro

- 1 x Decanter UCD 346-00-32
- 1 x motor principal 18,5 (kW)
- 1 x motor secundario 3 (kW)
- 1 x set de herramientas
- 1 x set de repuestos puesta en marcha
- 1 x set juego de diafragma (142 hasta 200 mm)
- 1 x conexión de lavado
- 1 x panel de control, programador tipo DCU8 o similar.

Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)

## ANEXO D - Continuación: Cotización ESSAL S.A. de DECANTER D4L – GEA Westfalia

Oferta GEA Westfalia Separator N°038-15  
Essal – Planta Frutillar  
24.03.2015  
Página 6 de 8



### 2. EQUIPOS ADICIONALES/RECOMENDADOS PARA EL DECANTER UCD 346-00-32:

**2.1 Bomba de Alimentación:** Una (1) Bomba de desplazamiento positivo de tornillo helicoidal, Allweiler o Netzsch o similar, capacidad hasta 17 [m<sup>3</sup>/H], cuerpo Hierro fundido, rotor acero inoxidable, eje acero, partes internas acero, motorreductor eléctrico trifásico 380 V, 50 Hz, potencia 4 kW, base de acero adecuada al conjunto.

**2.2 Unidad de preparación polímero:**

Prominent modelo ULFA 1000 ó Similar, con capacidad de 300 a 1000 l/h de polímero en polvo.

Incluye:

- Bomba de dosificación de polímero diluido/preparado de desplazamiento positivo, del tipo tornillo helicoidal, Netzsch o similar, 300 – 1.000 [l/h], 0,75 [KW].
- Flujoímetro de polímero diluido.
- Sistema de post dilución.



**2.3 Un (1) chute para la descarga de líquido, y un (1) chute para la descarga de Sólidos,** ambos en acero inoxidable.

**2.4 Flujometro Alimentación:** Un (1) Flujoímetro magnético ABB, E&H, Siemens o similar para la línea de alimentación de lodo al decanter, DN 50, liner de goma dura, conexión flanges Din 2501, flanges de acero al carbono. Incluye un (1) conversor campo continuo pulsante, una salida analógica y dos salidas digitales, protección IP 67.

### **3.- Un (1) Supervisión de Puesta en Marcha**

- Incluye un (1) viaje de un (1) técnico de GEA Westfalia Separator por tres (3) días hábiles para efectuar la supervisión de montaje, supervisión de puesta en marcha y la capacitación de los operadores. Gastos de traslado y estadía por cuenta del cliente.
- Asistencia adicional conforme a tarifas vigentes

### **4.- Un (1) conjunto de información técnica (un original y una copia)**

- Planos de arreglo general de la maquinaria.
- Manual de operación y mantención.
- Diagrama de circuito eléctrico.
- En archivo adjunto se detallan sus especificaciones técnicas

Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)

## ANEXO D - Continuación: Cotización ESSAL S.A. de DECANTER D4L – GEA Westfalia

Oferta GEA Westfalia Separator N°038-15  
Essal – Planta Frutillar  
24.03.2015  
Página 7 de 8



### PROPUESTA COMERCIAL

#### 1. Precios están en Euros (€) y no incluye ninguna clase de impuestos

Según lo descrito en ítem Propuesta Técnica:

Item	Descripción	Precio Venta (€)
1.0	Un Decanter GEA Westfalia Separator, NUEVO, Modelo UCD 346-00-32, DOBLE ACCIONAMIENTO - FULL, según señalado en Propuesta Técnica	€ 65.100
2.0	<b>ADICIONALES RECOMENDADOS DECANTER UCD 346-00-32</b>	<b>Precio Venta (€)</b>
2.1	1 x Bomba de alimentación Nueva, incluye variador de frecuencia	€ 2.600
2.2	1 x Unidad de polímero completa, Nueva	€ 15.710
2.3	1 x chute sólidos + líquido, Nuevos	€ 2.690
2.4	1 x flujómetro inductivo, Nuevo	€ 1.660
<b>3.0</b>	<b>TOTAL DECANTER + OPCIONALES (*)</b>	<b>€ 87.760 + IVA</b>

(\*): Precio válido solo por compra del Conjunto

#### Plazo de entrega:

- ✓ 4 – 5 meses, incluye flete marítimo. Por confirmar.

#### Punto de entrega:

- ✓ Nuestras bodegas Santiago Chile.

Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)

## **ANEXO D - Continuación: Cotización ESSAL S.A. de DECANTER D4L – GEA Westfalia**

### **Forma de Pago:**

- ✓ 50% con orden de compra.
- ✓ 50% contra entrega o contra "aviso listo para retiro", no mas allá de 30 días desde realizado el aviso.

Valor del Euro (€), tasa de cambio, según lo informado por el Banco Central de Chile a la fecha de facturación.

### **Condiciones Generales de Ventas & Garantías:**

Son parte integral de la presente oferta las "Condiciones Generales de Ventas", adjuntas. Cabe señalar que los equipos propuestos incluyen garantías por piezas y partes defectuosas, según nuestras condiciones generales de ventas adjuntas. No así, las piezas y partes sometidas a desgaste propio del uso.

*Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)*



**ANEXO F: Cotización ESSAL S.A. de Prensa Tornillo ALDRUMG3 – Alfa Laval**



**A** : [REDACTED]  
**De** : [REDACTED]  
**Fecha** : 29 Noviembre 2016  
**Referencia** : JL237 Budget

Estimado :

Enviamos cotización por dos equipos Espesador Alfa Laval para separación de sólidos, modelo ALDRUM G3 Maxi nuevo, de acuerdo al requerimiento especificado por ESSAL. Lodos provenientes de la PTAS con flujo de diseño de 15 m<sup>3</sup>/h y una concentración de 2 % de materia seca.

Adjuntamos especificaciones Técnicas y Comerciales del equipo.

Atte



Cotización N°JL242

**INDICE**

1. DESCRIPCION TECNICA DE EQUIPOS .....	3
2. ESPECIFICACIONES ESPESADOR ALDRUM MAXI .....	5
3. DATOS DE PROCESO .....	6
4. CONDICIONES GENERALES DE ENTREGA .....	7
5. EXCLUSIONES .....	7

*Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)*



Cotización N°JL242

## 1. DESCRIPCION TECNICA DE EQUIPOS

### 1.1 Tambor Espesador

ALDRUM es un espesador mecánico. Trabaja bajo el principio de trasladar lodo floculado con polielectrolito a través de un filtro rotatorio de giro lento. El lodo permanece en el tambor, mientras el agua pasa a través de los espacios del filtro. El espesador ALDRUM es un equipo de operación continua.

Está diseñado para tratar el lodo de modo gentil, lo que significa un máximo de porcentaje de recuperación. La geometría cilíndrica minimiza el espacio requerido para su instalación. Además es un equipo completamente cerrado.

Está equipado con un sistema de autolimpieza consistente en una barra con boquillas spray para agua de lavado. El consumo de agua es bajo debido a que su uso es intermitente.

La concentración del lodo espesado puede ser optimizada variando el caudal de alimentación, la dosis de polímero, la velocidad de mezcla del reactor floculador, la velocidad del tambor, el ángulo del tambor y los intervalos de lavado.

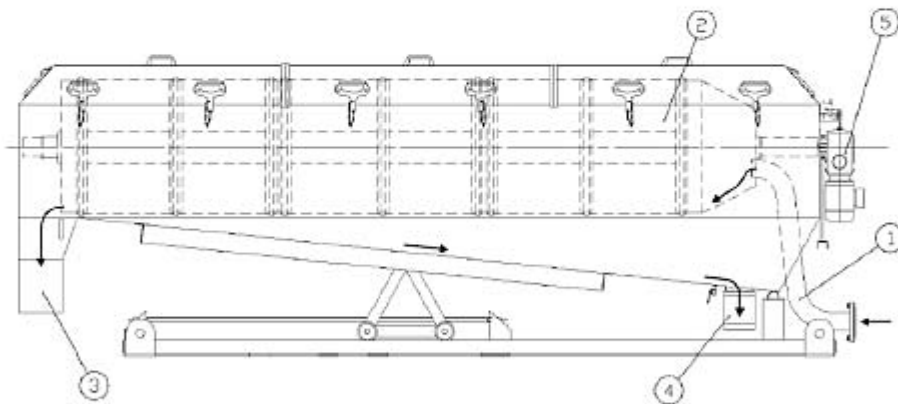


Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)



Cotización N°JL242

Con este sistema se obtienen reducciones de 10 veces en el volumen de lodo a ser deshidratado, con lo cual se reduce significativamente el tamaño del equipo de deshidratación centrifugo propuesto, así como el involucrado



1. Alimentación de lodo
2. Tambor rotatorio
3. Descarga de lodo espesado
4. Descarga líquido clarificado
5. Motor

### 1.2 Reactor Floculador

El reactor floculador es un estanque de agitación suave a presión atmosférica. El tiempo de residencia y la velocidad de agitación gravitacional o hidráulico están calculados para generar un flóculo de buen tamaño y estable de manera de garantizar una adecuada separación.

*Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)*

## ANEXO F - Continuación: Cotización ESSAL S.A. de Prensa Tornillo ALDRUMG3 – Alfa Laval

El lodo floculado fluye hacia el espesador ALDRUM por gravedad, siendo innecesario el uso de bomba intermedia.

Para asegurar la seguridad de la operación, el reactor está provisto de medidores de nivel mínimo y máximo.

### 2. ESPECIFICACIONES ESPESADOR ALDRUM G3 MAXI

Tambor espesador	ALDRUM G3 MAXI
Diámetro	750 mm
Longitud con mixer y floculador	4850 mm
Peso (aldrum + floculador)	1200 Kg
Motor principal	Gear motor 1,5 kW
Material	Acero inoxidable 316

Esta cotización incluye:

- Reactor floculador sin agitador.
- Con mezclador estático en línea.
- Herramientas de instalación.
- Tolva de lodos.
- Tableros de Fuerza y Control.
- Puesta en marcha.
- Capacitación.

Puesta en marcha, Considera 3 días de 1 Técnico de Servicio.

*Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)*

## ANEXO F - Continuación: Cotización ESSAL S.A. de Prensa Tornillo ALDRUMG3 – Alfa Laval

Entrenamiento de los operadores, está considerado durante el tiempo de puesta en marcha, consiste en una Inducción para el ALDRUM, considera Operación, revisión de la información técnica y operación en terreno para cada uno de los Operadores durante el proceso de puesta en marcha.

### 3. DATOS DE PROCESO

Equipo	Modelo	Capacidad volumétrica total (m <sup>3</sup> /h)	Carga. Sólidos (kg/h)	Sequedad Queque (%)
ALDRUM	G3 MAXI	15	300	4 a 6 %

### 4. PRECIOS

Ítem	Equipos	Cantidad	Precio unitario budget (EUR)	Precio Total budget (EUR)
1	Aldrum G3 MAXI en acero inoxidable 316 con estanque floculador , con válvula de mezcla en línea, con panel BCC y herramientas de instalación	1	32.900	32.900
3	Inspección, Puesta en marcha y capacitación.	3 días	1.500	4.500
<b>TOTAL</b>				<b>37.400</b>

Precios No Incluyen IVA

Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)

#### 4. CONDICIONES GENERALES DE ENTREGA

##### PLAZO DE ENTREGA

12 a 14 semanas Ex fábrica + 5 a 6 semanas transporte marítimo.

##### LUGAR DE ENTREGA

Equipos puestos en bodegas de Alfa Laval en Santiago.

##### FORMA DE PAGO

30 % ANTICIPO.

60 % CONTRA ENTREGA EN BODEGA ALFA LAVAL.

10 % CONTRA PUESTA EN MARCHA (DENTRO DE LOS CINCO MESES DE ENTREGADO EL EQUIPO).

En la orden de compra del cliente favor especificar las condiciones de pago descritas anteriormente.

La Orden de compra debe ser dirigida a:

Alfa Laval SpA

RUT: 92.231.000-9

Giro: Importadores de maquinaria Industrial

Dirección: San Sebastián #2839, Oficina 401; Las Condes, Santiago

Fono: 2- 3530300

#### 5. EXCLUSIONES

Cualquier equipo, o servicio que no esté explícitamente cotizado en la oferta, no se considerará incluido en el precio, aunque pueden ser valorados separadamente en caso de interés por su parte.

*Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)*

## ANEXO F - Continuación: Cotización ESSAL S.A. de Prensa Tornillo ALDRUMG3 – Alfa Laval

### LOS SIGUIENTES ÍTEMS, SALVO INDICACIÓN EN CONTRA, ESTÁN EXPRESAMENTE EXCLUIDOS DE NUESTRA OFERTA:

- Impuesto sobre el valor añadido (IVA)
- Grúa para carga, y descarga
- Bomba de lodos.
- Medidor de caudal.
- Sistema dosificador de polímero.
- Bomba de agua de lavado.
- Transportes
- Reactivos (polielectrolito) para la puesta en marcha.
- Cables eléctricos en campo.
- Tolva de acumulación de lodos .
- Trabajos de obra civil

### PERÍODO DE GARANTÍA

Ver documentos adjuntos en cotización "CONDICIONES COMERCIALES DE VENTA ALFA LAVAL SpA" y "ORGALIME S2012"

### VALIDEZ DE LA OFERTA

El período de validez de la presente Oferta es de un (1) mes a partir de la fecha de emisión de la misma.

*Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)*

## **7. SERVICIO POSTVENTA**

Alfa Laval SpA dispone de un Servicio Postventa que cuenta con un amplio equipo de técnicos especializados, con base en Santiago, oficina y técnicos en Antofagasta y técnico en Concepción. Contamos además con la red global de Alfa Laval.

El Servicio Postventa está a disposición de nuestros clientes para ofrecerles los siguientes servicios:

- Supervisión de los trabajos de montaje.
- Puestas en marcha en vacío.
- Puestas en marcha con fangos, y cumplimiento de las garantías.
- Optimización de procesos.
- Adiestramiento del personal de explotación de las plantas.
- Suministro de repuestos con un corto plazo de entrega.
- Intervenciones de mantenimiento preventivo.
- Intervenciones de mantenimiento correctivo.
- Reacondicionamiento de máquinas.
- Taller de reparaciones, recarga, y equilibrado de componentes.
- Accesorios para mejora de equipos.
- Cursos de formación para usuarios.

## **8. REFERENCIAS**

Alfa Laval es el fabricante de espesadores con el mayor número de equipos instalados en el mundo.

Estamos a su disposición para proporcionarles la lista completa de nuestras referencias, o una lista específica por comunidades autónomas o por tipo de lodos.

Nuestra amplia experiencia nos avala y nos convierte en la primera opción para los instaladores y/o usuarios de espesadores para aumentar concentración de los lodos.

*Fuente: Departamento de Ingeniería. (ESSAL S.A., 2016)*

## **ANEXO G: Glosario de equipamientos**

- a) Cámara de distribución: Recibe el caudal de aguas negras transportado hasta allí por el colector emisario.
- b) Rejillas: Retiran los sólidos gruesos que son transportados por cintas a recipientes cerrados para su incineración, o transporte a vertedero.
- c) Bombas: Equipos mecánicos que elevan las aguas negras desde un pozo hasta una cota calculada, para permitir que fluyan por gravedad a través del proceso de tratamiento.

- d) Desarenadores: Los sedimentos retenidos en los desarenadores son recogidos, lavados y acarreados para su posterior incineración o transporte a vertedero.
- e) Medidor de caudal: Es útil para el cálculo de las cargas contaminantes eliminadas, tiempos de retención, consumo de reactivos y suministra además una base para el informe sobre los costos de tratamiento.
- f) Tanques de mezcla: Estos tanques cumplen una doble función, homogenizan las aguas, y la regulan, en segundo lugar, se puede incorporar aire con las aguas negras para mantenerlas frescas.
- g) Tanques primarios de sedimentación y sobrenadantes: en estos tanques se retiene hasta el 60 por ciento de la concentración en materias en suspensión.
- h) Reactores: El tratamiento en estos se efectúa con incorporación de aire y agitación para acelerar el proceso metabólico y formación de flóculos (grumos de materia orgánica formados por agregación de sólidos en suspensión).
- i) Soplador: Mecanismo utilizado para adicionar aire a las bacterias en el reactor cuando el nivel de oxígeno baja de los 0,5 [mg/l], y dejan de funcionar a los 2 [mg/l].
- j) Decantadores secundarios: En estos decantadores se sedimentan los lodos, floculados en los reactores biológicos. Están dotados de barrederas para facilitar su extracción.
- k) Digestor: Mecanismo utilizado para la estabilización de lodos.
- l) Espesador: Mecanismo por el cual se concentran los lodos.
- m) Filtro de banda: Elemento mecánico utilizado para el secado de lodos.
- n) Centrífuga: Elemento mecánico utilizado para el secado de lodos.
- o) Gasómetro: Mecanismo utilizado para almacenar el gas producido por la digestión de lodos.

## ANEXO H: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 1

FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA											
DETALLE	AÑO0	2017 AÑO1	2018 AÑO2	2019 AÑO3	2020 AÑO4	2021 AÑO5	2022 AÑO6	2023 AÑO7	2024 AÑO8	2025 AÑO9	2026 AÑO10
Ingresos por Cobros		\$ 844.089.879	\$ 869.412.575	\$ 895.494.953	\$ 922.359.801	\$ 950.030.595	\$ 978.531.513	\$ 1.007.887.458	\$ 1.038.124.082	\$ 1.069.267.805	\$ 1.101.345.839
Costos Operacionales		-\$ 7.550.463	-\$ 7.701.473	-\$ 7.932.517	-\$ 8.170.492	-\$ 8.415.607	-\$ 8.668.075	-\$ 8.928.117	-\$ 9.195.961	-\$ 9.471.840	-\$ 9.755.995
Intereses Préstamo		\$ 19.371.141	\$ 19.371.141	\$ 19.371.141	\$ 19.371.141	\$ 19.371.141					
Depreciación		-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>		<b>\$ 839.171.983</b>	<b>\$ 864.343.670</b>	<b>\$ 890.195.003</b>	<b>\$ 916.821.876</b>	<b>\$ 944.247.555</b>	<b>\$ 953.124.864</b>	<b>\$ 982.220.767</b>	<b>\$ 1.012.189.548</b>	<b>\$ 1.043.057.391</b>	<b>\$ 1.074.851.270</b>
Tasa Impuesto Renta		25,0%	25,5%	27,0%	27,5%	29,0%	29,5%	31,0%	31,5%	33,0%	33,5%
Impuesto Renta		\$ 209.792.996	\$ 220.407.636	\$ 240.352.651	\$ 252.126.016	\$ 273.831.791	\$ 281.171.835	\$ 304.488.438	\$ 318.839.707	\$ 344.208.939	\$ 360.075.175
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 629.378.987</b>	<b>\$ 643.936.034</b>	<b>\$ 649.842.352</b>	<b>\$ 664.695.860</b>	<b>\$ 670.415.764</b>	<b>\$ 671.953.029</b>	<b>\$ 677.732.329</b>	<b>\$ 693.349.841</b>	<b>\$ 698.848.452</b>	<b>\$ 714.776.095</b>
Depreciación		\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574
Inversión Inicial		-\$ 168.405.737									
Inversión en Cap. De Trabajo		-\$ 1.200.000									\$ 1.200.000
Préstamo		\$ 68.000.000									
Amortización Deuda		-\$ 6.702.415	-\$ 9.236.160	-\$ 11.769.905	-\$ 14.303.651	-\$ 16.837.396					
<b>FLUJO DE CAJA</b>		<b>-\$ 101.605.737</b>	<b>\$ 639.415.146</b>	<b>\$ 651.438.448</b>	<b>\$ 654.811.021</b>	<b>\$ 667.130.783</b>	<b>\$ 670.316.942</b>	<b>\$ 688.691.603</b>	<b>\$ 694.470.903</b>	<b>\$ 710.088.414</b>	<b>\$ 715.587.026</b>

Fuente: Elaboración Propia. (2016)

## ANEXO I: Depreciación lineal componentes de la alternativa 1

	Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Puente espesador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Bomba Cavidad Progresiva Lodos Espesador a Digestor	10	\$ 2.500.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000
Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alim a Filtro Banda	10	\$ 1.670.900	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090
Agitador Estanque Lodos	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Filtro Banda	10	\$ 45.000.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
Medidor Caudal Electromagnético	10	\$ 2.424.000	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400
Preparador de polímero	10	\$ 14.000.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
Bomba aguas de cola	10	\$ 6.500.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000
Dilutor de polímero	10	\$ 4.000.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000
Bomba dosificadora de polímero	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Tornillo Mezclador	10	\$ 17.000.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Tornillo Transportador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Tolva Dosificadora de Cal	10	\$ 7.000.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
Vibrador Tolva	10	\$ 700.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000
Bomba Sumergible Aguas Retorno	10	\$ 1.600.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000
Sensor de nivel (bajo y alto)	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Digestor	10	\$ 12.440.707	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071
Silo Cal	10	\$ 9.350.130	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013
<b>Total Depreciación Anual</b>			<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>

Fuente: Elaboración Propia. (2016)

## ANEXO J: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 2

FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA											
DETALLE	AÑO 0	2017 AÑO 1	2018 AÑO 2	2019 AÑO 3	2020 AÑO 4	2021 AÑO 5	2022 AÑO 6	2023 AÑO 7	2024 AÑO 8	2025 AÑO 9	2026 AÑO 10
Ingresos por Cobros		\$ 844.089.879	\$ 869.412.575	\$ 895.494.953	\$ 922.359.801	\$ 950.030.595	\$ 978.531.513	\$ 1.007.887.458	\$ 1.038.124.082	\$ 1.069.267.805	\$ 1.101.345.839
Costos Operacionales		-\$ 6.449.699	-\$ 6.643.190	-\$ 6.842.486	-\$ 7.047.761	-\$ 7.259.193	-\$ 7.476.969	-\$ 7.701.278	-\$ 7.932.317	-\$ 8.170.286	-\$ 8.415.395
Intereses Préstamo		-\$ 21.650.099	-\$ 21.650.099	-\$ 21.650.099	-\$ 21.650.099	-\$ 21.650.099					
Depreciación		-\$ 17.406.574	-\$ 17.406.574	-\$ 17.406.574	-\$ 17.406.574	-\$ 17.406.574	-\$ 17.406.574	-\$ 17.406.574	-\$ 17.406.574	-\$ 17.406.574	-\$ 17.406.574
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>		<b>\$ 798.583.508</b>	<b>\$ 823.712.713</b>	<b>\$ 849.595.795</b>	<b>\$ 876.255.369</b>	<b>\$ 903.714.730</b>	<b>\$ 953.647.970</b>	<b>\$ 982.779.607</b>	<b>\$ 1.012.785.192</b>	<b>\$ 1.043.690.945</b>	<b>\$ 1.075.523.871</b>
Tasa Impuesto Renta		25,0%	25,5%	27,0%	27,5%	29,0%	29,5%	31,0%	31,5%	33,0%	33,5%
Impuesto Renta		\$ 199.645.877	\$ 210.046.742	\$ 229.390.865	\$ 240.970.226	\$ 262.077.272	\$ 281.326.151	\$ 304.661.678	\$ 319.027.335	\$ 344.418.012	\$ 360.300.497
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 598.937.631</b>	<b>\$ 613.665.971</b>	<b>\$ 620.204.930</b>	<b>\$ 635.285.143</b>	<b>\$ 641.637.458</b>	<b>\$ 672.321.819</b>	<b>\$ 678.117.929</b>	<b>\$ 693.757.857</b>	<b>\$ 699.272.933</b>	<b>\$ 715.223.374</b>
Depreciación		\$ 17.406.574	\$ 17.406.574	\$ 17.406.574	\$ 17.406.574	\$ 17.406.574	\$ 17.406.574	\$ 17.406.574	\$ 17.406.574	\$ 17.406.574	\$ 17.406.574
Inversión Inicial		-\$ 188.901.607									
Inversión en Cap. De Trabajo		-\$ 1.200.000									\$ 1.200.000
Préstamo		\$ 76.000.000									
Amortización Deuda		-\$ 7.490.935	-\$ 10.322.767	-\$ 13.154.600	-\$ 15.986.433	-\$ 18.818.266					
<b>FLUJO DE CAJA</b>		<b>-\$ 114.101.607</b>	<b>\$ 608.853.270</b>	<b>\$ 620.749.778</b>	<b>\$ 624.456.904</b>	<b>\$ 636.705.284</b>	<b>\$ 640.225.766</b>	<b>\$ 689.728.393</b>	<b>\$ 695.524.502</b>	<b>\$ 711.164.431</b>	<b>\$ 733.829.947</b>

Fuente: Elaboración Propia. (2016)

## ANEXO K: Depreciación lineal componentes de la alternativa 2

	Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Puente espesador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Bomba Cavidad Progresiva Lodos Espesador a Digestor	10	\$ 2.500.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000
Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alim a Filtro Banda	10	\$ 1.670.900	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090
Agitador Estanque Lodos	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Centrífuga DECANter D4L	10	\$ 51.680.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000
Medidor Caudal Electromagnético	10	\$ 2.424.000	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400
Preparador de polímero	10	\$ 14.000.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
Bomba aguas de cola	10	\$ 6.500.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000
Dilutor de polímero	10	\$ 4.000.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000
Bomba dosificadora de polímero	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Tornillo Mezclador	10	\$ 17.000.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Tornillo Transportador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Tolva Dosificadora de Cal	10	\$ 7.000.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
Vibrador Tolva	10	\$ 700.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000
Bomba Sumergible Aguas Retorno	10	\$ 1.600.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000
Sensor de nivel (bajo y alto)	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Digestor	10	\$ 12.440.707	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071
Silo Cal	10	\$ 9.350.130	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013
<b>Total Depreciación Anual</b>			<b>\$ 17.406.574</b>	<b>\$ 17.406.574</b>	<b>\$ 17.406.574</b>	<b>\$ 17.406.574</b>	<b>\$ 17.406.574</b>	<b>\$ 17.406.574</b>	<b>\$ 17.406.574</b>	<b>\$ 17.406.574</b>	<b>\$ 17.406.574</b>	<b>\$ 17.406.574</b>

Fuente: Elaboración Propia. (2016)

## ANEXO L: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 3

FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA											
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
DETALLE	AÑO0	AÑO1	AÑO2	AÑO3	AÑO4	AÑO5	AÑO6	AÑO7	AÑO8	AÑO9	AÑO10
Ingresos por Cobros		\$ 844.089.879	\$ 869.412.575	\$ 895.494.953	\$ 922.359.801	\$ 950.030.595	\$ 978.531.513	\$ 1.007.887.458	\$ 1.038.124.082	\$ 1.069.267.805	\$ 1.101.345.839
Costos Operacionales		-\$ 5.845.511	-\$ 6.020.877	-\$ 6.201.503	-\$ 6.387.548	-\$ 6.579.174	-\$ 6.776.550	-\$ 6.979.846	-\$ 7.189.241	-\$ 7.404.919	-\$ 7.627.066
Intereses Préstamo		-\$ 20.225.750	-\$ 20.225.750	-\$ 20.225.750	-\$ 20.225.750	-\$ 20.225.750					
Depreciación		-\$ 16.186.785	-\$ 16.186.785	-\$ 16.186.785	-\$ 16.186.785	-\$ 16.186.785	-\$ 16.186.785	-\$ 16.186.785	-\$ 16.186.785	-\$ 16.186.785	-\$ 16.186.785
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>		<b>\$ 801.831.833</b>	<b>\$ 826.979.164</b>	<b>\$ 852.880.915</b>	<b>\$ 879.559.718</b>	<b>\$ 907.038.886</b>	<b>\$ 955.568.179</b>	<b>\$ 984.720.827</b>	<b>\$ 1.014.748.056</b>	<b>\$ 1.045.676.101</b>	<b>\$ 1.077.531.988</b>
Tasa Impuesto Renta		25,0%	25,5%	27,0%	27,5%	29,0%	29,5%	31,0%	31,5%	33,0%	33,5%
Impuesto Renta		\$ 200.457.958	\$ 210.879.687	\$ 230.277.847	\$ 241.878.923	\$ 263.041.277	\$ 281.892.613	\$ 305.263.457	\$ 319.645.638	\$ 345.073.113	\$ 360.973.216
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 601.373.875</b>	<b>\$ 616.099.477</b>	<b>\$ 622.603.068</b>	<b>\$ 637.680.795</b>	<b>\$ 643.997.609</b>	<b>\$ 673.675.566</b>	<b>\$ 679.457.370</b>	<b>\$ 695.102.418</b>	<b>\$ 700.602.988</b>	<b>\$ 716.558.772</b>
Depreciación		\$ 16.186.785	\$ 16.186.785	\$ 16.186.785	\$ 16.186.785	\$ 16.186.785	\$ 16.186.785	\$ 16.186.785	\$ 16.186.785	\$ 16.186.785	\$ 16.186.785
Inversión Inicial		-\$ 176.693.720									
Inversión en Cap. De Trabajo		-\$ 1.200.000									\$ 1.200.000
Préstamo		\$ 71.000.000									
Amortización Deuda		-\$ 6.998.110	-\$ 9.643.638	-\$ 12.289.166	-\$ 14.934.694	-\$ 17.580.222					
<b>FLUJO DE CAJA</b>		<b>-\$ 106.893.720</b>	<b>\$ 610.562.550</b>	<b>\$ 622.642.624</b>	<b>\$ 626.500.687</b>	<b>\$ 638.932.886</b>	<b>\$ 642.604.172</b>	<b>\$ 689.862.351</b>	<b>\$ 695.644.155</b>	<b>\$ 711.289.203</b>	<b>\$ 733.945.557</b>

Fuente: Elaboración Propia. (2016)

## ANEXO M: Depreciación lineal componentes de la alternativa 3

	Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Puente espesador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Bomba NETZSCH Modelo NM053BY01L07V	10	\$ 4.120.120	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012
Base metálica tipo C conforme norma ASTM A-36	10	\$ 319.600	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960
KIT STP3 Contra Trabajo en Seco (PT100-Display)	10	\$ 374.000	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400
Centrífuga DECANTER D4L	10	\$ 51.680.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000	\$ 5.168.000
Medidor Caudal Electromagnético	10	\$ 2.424.000	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400
Preparador de polímero	10	\$ 14.000.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
Bomba aguas de cola	10	\$ 6.500.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000
Dilutor de polímero	10	\$ 4.000.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000
Bomba dosificadora de polímero	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Tornillo Mezclador	10	\$ 17.000.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Tornillo Transportador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Tolva Dosificadora de Cal	10	\$ 7.000.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
Vibrador Tolva	10	\$ 700.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000
Bomba Sumergible Aguas Retorno	10	\$ 1.600.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000
Sensor de nivel (bajo y alto)	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Silo Cal	10	\$ 9.350.130	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013
<b>Total Depreciación Anual</b>			<b>\$ 16.186.785</b>	<b>\$ 16.186.785</b>	<b>\$ 16.186.785</b>	<b>\$ 16.186.785</b>	<b>\$ 16.186.785</b>	<b>\$ 16.186.785</b>	<b>\$ 16.186.785</b>	<b>\$ 16.186.785</b>	<b>\$ 16.186.785</b>	<b>\$ 16.186.785</b>

Fuente: Elaboración Propia. (2016)

## ANEXO N: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 4

FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA											
DETALLE	AÑO0	2017 AÑO1	2018 AÑO2	2019 AÑO3	2020 AÑO4	2021 AÑO5	2022 AÑO6	2023 AÑO7	2024 AÑO8	2025 AÑO9	2026 AÑO10
Ingresos por Cobros		\$ 844.089.879	\$ 869.412.575	\$ 895.494.953	\$ 922.359.801	\$ 950.030.595	\$ 978.531.513	\$ 1.007.887.458	\$ 1.038.124.082	\$ 1.069.267.805	\$ 1.101.345.839
Costos Operacionales		-\$ 6.401.667	-\$ 6.593.717	-\$ 6.791.528	-\$ 6.995.274	-\$ 7.205.132	-\$ 7.421.286	-\$ 7.643.925	-\$ 7.873.242	-\$ 8.109.440	-\$ 8.352.723
Intereses Préstamo		-\$ 19.371.141	-\$ 19.371.141	-\$ 19.371.141	-\$ 19.371.141	-\$ 19.371.141					
Depreciación		-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574	-\$ 16.738.574
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>		<b>\$ 801.578.498</b>	<b>\$ 826.709.144</b>	<b>\$ 852.593.710</b>	<b>\$ 879.254.813</b>	<b>\$ 906.715.749</b>	<b>\$ 954.371.653</b>	<b>\$ 983.504.960</b>	<b>\$ 1.013.512.266</b>	<b>\$ 1.044.419.791</b>	<b>\$ 1.076.254.542</b>
Tasa Impuesto Renta		25,0%	25,5%	27,0%	27,5%	29,0%	29,5%	31,0%	31,5%	33,0%	33,5%
Impuesto Renta		\$ 200.394.624	\$ 210.810.832	\$ 230.200.302	\$ 241.795.074	\$ 262.947.567	\$ 281.539.638	\$ 304.886.538	\$ 319.256.364	\$ 344.658.531	\$ 360.545.272
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 601.183.874</b>	<b>\$ 615.898.312</b>	<b>\$ 622.393.408</b>	<b>\$ 637.459.739</b>	<b>\$ 643.768.182</b>	<b>\$ 672.832.015</b>	<b>\$ 678.618.422</b>	<b>\$ 694.255.902</b>	<b>\$ 699.761.260</b>	<b>\$ 715.709.270</b>
Depreciación		\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574	\$ 16.738.574
Inversión Inicial		-\$ 168.405.737									
Inversión en Cap. De Trabajo		-\$ 1.200.000									\$ 1.200.000
Préstamo		\$ 68.000.000									
Amortización Deuda		-\$ 6.702.415	-\$ 9.236.160	-\$ 11.769.905	-\$ 14.303.651	-\$ 16.837.396					
<b>FLUJO DE CAJA</b>		<b>-\$ 101.605.737</b>	<b>\$ 611.220.033</b>	<b>\$ 623.400.726</b>	<b>\$ 627.362.077</b>	<b>\$ 639.894.662</b>	<b>\$ 643.669.360</b>	<b>\$ 689.570.589</b>	<b>\$ 695.356.996</b>	<b>\$ 710.994.476</b>	<b>\$ 733.647.844</b>

Fuente: Elaboración Propia. (2016)

## ANEXO O: Depreciación lineal componentes de la alternativa 4

	Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Puente espesador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Bomba cavidad progresiva lodos espesador a digestor	10	\$ 2.500.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000
Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alim a Filtro Prensa	10	\$ 1.670.900	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090
Agitador Estanque Lodos	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Filtro Prensa	10	\$ 45.000.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
Medidor Caudal Electromagnético	10	\$ 2.424.000	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400
Preparador de polímero	10	\$ 14.000.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
Bomba aguas de cola	10	\$ 6.500.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000
Dilutor de polímero	10	\$ 4.000.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000
Bomba dosificadora de polímero	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Tornillo Mezclador	10	\$ 17.000.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Tornillo Transportador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Tolva Dosificadora de Cal	10	\$ 7.000.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
Vibrador Tolva	10	\$ 700.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000
Bomba Sumergible Aguas Retorno	10	\$ 1.600.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000
Sensor de nivel (bajo y alto)	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Digestor	10	\$ 12.440.707	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071
Silo Cal	10	\$ 9.350.130	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013
<b>Total Depreciación Anual</b>			<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>	<b>\$ 16.738.574</b>

Fuente: Elaboración Propia. (2016)

## ANEXO P: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 5

FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA											
DETALLE	AÑO0	2017 AÑO1	2018 AÑO2	2019 AÑO3	2020 AÑO4	2021 AÑO5	2022 AÑO6	2023 AÑO7	2024 AÑO8	2025 AÑO9	2026 AÑO10
Ingresos por Cobros		\$ 844.089.879	\$ 869.412.575	\$ 895.494.953	\$ 922.359.801	\$ 950.030.595	\$ 978.531.513	\$ 1.007.887.458	\$ 1.038.124.082	\$ 1.069.267.805	\$ 1.101.345.839
Costos Operacionales		-\$ 4.654.209	-\$ 4.793.836	-\$ 4.937.651	-\$ 5.085.780	-\$ 5.238.354	-\$ 5.395.504	-\$ 5.557.370	-\$ 5.724.091	-\$ 5.895.813	-\$ 6.072.688
Intereses Préstamo		-\$ 17.946.792	-\$ 17.946.792	-\$ 17.946.792	-\$ 17.946.792	-\$ 17.946.792					
Depreciación		-\$ 16.762.856	-\$ 16.762.856	-\$ 16.762.856	-\$ 16.762.856	-\$ 16.762.856	-\$ 16.762.856	-\$ 16.762.856	-\$ 16.762.856	-\$ 16.762.856	-\$ 16.762.856
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>		<b>\$ 804.726.022</b>	<b>\$ 829.909.092</b>	<b>\$ 855.847.654</b>	<b>\$ 882.564.373</b>	<b>\$ 910.082.594</b>	<b>\$ 956.373.153</b>	<b>\$ 985.567.233</b>	<b>\$ 1.015.637.136</b>	<b>\$ 1.046.609.136</b>	<b>\$ 1.078.510.295</b>
Tasa Impuesto Renta		25,0%	25,5%	27,0%	27,5%	29,0%	29,5%	31,0%	31,5%	33,0%	33,5%
Impuesto Renta		\$ 201.181.505	\$ 211.626.818	\$ 231.078.867	\$ 242.705.203	\$ 263.923.952	\$ 282.130.080	\$ 305.525.842	\$ 319.925.698	\$ 345.381.015	\$ 361.300.949
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 603.544.517</b>	<b>\$ 618.282.274</b>	<b>\$ 624.768.787</b>	<b>\$ 639.859.170</b>	<b>\$ 646.158.642</b>	<b>\$ 674.243.073</b>	<b>\$ 680.041.391</b>	<b>\$ 695.711.438</b>	<b>\$ 701.228.121</b>	<b>\$ 717.209.346</b>
Depreciación		\$ 16.762.856	\$ 16.762.856	\$ 16.762.856	\$ 16.762.856	\$ 16.762.856	\$ 16.762.856	\$ 16.762.856	\$ 16.762.856	\$ 16.762.856	\$ 16.762.856
Inversión Inicial		-\$ 156.197.850									
Inversión en Cap. De Trabajo		-\$ 1.200.000									\$ 1.200.000
Préstamo		\$ 63.000.000									
Amortización Deuda		-\$ 6.209.590	-\$ 8.557.030	-\$ 10.904.471	-\$ 13.251.911	-\$ 15.599.352					
<b>FLUJO DE CAJA</b>		<b>-\$ 94.397.850</b>	<b>\$ 614.097.782</b>	<b>\$ 626.488.099</b>	<b>\$ 630.627.171</b>	<b>\$ 643.370.114</b>	<b>\$ 647.322.145</b>	<b>\$ 691.005.929</b>	<b>\$ 696.804.247</b>	<b>\$ 712.474.294</b>	<b>\$ 717.990.976</b>

Fuente: Elaboración Propia. (2016)

## ANEXO Q: Depreciación lineal componentes de la alternativa 5

	Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Puente espesador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Bomba NETZSCH Modelo NM053BY01L07V	10	\$ 4.120.120	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012
Base metálica tipo C conforme norma ASTM A-36	10	\$ 319.600	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960
KIT STP3 Contra Trabajo en Seco (PT100-Display)	10	\$ 374.000	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400
Filtro Prensa	10	\$ 45.000.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
Medidor Caudal Electromagnético	10	\$ 2.424.000	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400
Preparador de polímero	10	\$ 14.000.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
Bomba aguas de cola	10	\$ 6.500.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000
Dilutor de polímero	10	\$ 4.000.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000
Bomba dosificadora de polímero	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Tornillo Mezclador	10	\$ 17.000.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Tornillo Transportador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Tolva Dosificadora de Cal	10	\$ 7.000.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
Vibrador Tolva	10	\$ 700.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000
Bomba Sumergible Aguas Retorno	10	\$ 1.600.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000
Sensor de nivel (bajo y alto)	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Digestor	10	\$ 12.440.707	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071
Silo Cal	10	\$ 9.350.130	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013
<b>Total Depreciación Anual</b>			<b>\$ 16.762.856</b>	<b>\$ 16.762.856</b>	<b>\$ 16.762.856</b>	<b>\$ 16.762.856</b>	<b>\$ 16.762.856</b>	<b>\$ 16.762.856</b>	<b>\$ 16.762.856</b>	<b>\$ 16.762.856</b>	<b>\$ 16.762.856</b>	<b>\$ 16.762.856</b>

Fuente: Elaboración Propia. (2016)

## ANEXO R: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 6

FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA											
DETALLE	AÑO0	2017 AÑO1	2018 AÑO2	2019 AÑO3	2020 AÑO4	2021 AÑO5	2022 AÑO6	2023 AÑO7	2024 AÑO8	2025 AÑO9	2026 AÑO10
Ingresos por Cobros		\$ 844.089.879	\$ 869.412.575	\$ 895.494.953	\$ 922.359.801	\$ 950.030.595	\$ 978.531.513	\$ 1.007.887.458	\$ 1.038.124.082	\$ 1.069.267.805	\$ 1.101.345.839
Costos Operacionales		-\$ 6.243.480	-\$ 6.430.784	-\$ 6.623.708	-\$ 6.822.419	-\$ 7.027.092	-\$ 7.237.904	-\$ 7.455.041	-\$ 7.678.693	-\$ 7.909.054	-\$ 8.146.325
Intereses Préstamo		-\$ 18.231.662	-\$ 18.231.662	-\$ 18.231.662	-\$ 18.231.662	-\$ 18.231.662					
Depreciación		-\$ 15.443.006	-\$ 15.443.006	-\$ 15.443.006	-\$ 15.443.006	-\$ 15.443.006	-\$ 15.443.006	-\$ 15.443.006	-\$ 15.443.006	-\$ 15.443.006	-\$ 15.443.006
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>		<b>\$ 804.171.732</b>	<b>\$ 829.307.124</b>	<b>\$ 855.196.577</b>	<b>\$ 881.862.715</b>	<b>\$ 909.328.836</b>	<b>\$ 955.850.603</b>	<b>\$ 984.989.411</b>	<b>\$ 1.015.002.384</b>	<b>\$ 1.045.915.746</b>	<b>\$ 1.077.756.508</b>
Tasa Impuesto Renta		25,0%	25,5%	27,0%	27,5%	29,0%	29,5%	31,0%	31,5%	33,0%	33,5%
Impuesto Renta		\$ 201.042.933	\$ 211.473.316	\$ 230.903.076	\$ 242.512.247	\$ 263.705.362	\$ 281.975.928	\$ 305.346.718	\$ 319.725.751	\$ 345.152.196	\$ 361.048.430
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 603.128.799</b>	<b>\$ 617.833.808</b>	<b>\$ 624.293.501</b>	<b>\$ 639.350.468</b>	<b>\$ 645.623.474</b>	<b>\$ 673.874.675</b>	<b>\$ 679.642.693</b>	<b>\$ 695.276.633</b>	<b>\$ 700.763.550</b>	<b>\$ 716.708.078</b>
Depreciación		\$ 15.443.006	\$ 15.443.006	\$ 15.443.006	\$ 15.443.006	\$ 15.443.006	\$ 15.443.006	\$ 15.443.006	\$ 15.443.006	\$ 15.443.006	\$ 15.443.006
Inversión Inicial		-\$ 157.610.957									
Inversión en Cap. De Trabajo		-\$ 1.200.000									\$ 1.200.000
Préstamo		\$ 64.000.000									
Amortización Deuda		-\$ 6.308.155	-\$ 8.692.856	-\$ 11.077.558	-\$ 13.462.259	-\$ 15.846.961					
<b>FLUJO DE CAJA</b>		<b>-\$ 94.810.957</b>	<b>\$ 612.263.649</b>	<b>\$ 624.583.957</b>	<b>\$ 628.658.949</b>	<b>\$ 641.331.214</b>	<b>\$ 645.219.519</b>	<b>\$ 689.317.681</b>	<b>\$ 695.085.699</b>	<b>\$ 710.719.639</b>	<b>\$ 733.351.084</b>

Fuente: Elaboración Propia. (2016)

## ANEXO S: Depreciación lineal componentes de la alternativa 6

	Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Puente espesador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Bomba cavidad progresiva lodos espesador a digestor	10	\$ 2.500.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000
Bomba Cavidad Progresiva Lodos TK alim a Filtro Prensa	10	\$ 1.670.900	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090	\$ 167.090
Agitador Estanque Lodos	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Prensa Tornillo	10	\$ 32.044.320	\$ 3.204.432	\$ 3.204.432	\$ 3.204.432	\$ 3.204.432	\$ 3.204.432	\$ 3.204.432	\$ 3.204.432	\$ 3.204.432	\$ 3.204.432	\$ 3.204.432
Medidor Caudal Electromagnético	10	\$ 2.424.000	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400
Preparador de polímero	10	\$ 14.000.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
Bomba aguas de cola	10	\$ 6.500.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000
Dilutor de polímero	10	\$ 4.000.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000
Bomba dosificadora de polímero	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Tornillo Mezclador	10	\$ 17.000.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Tornillo Transportador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Tolva Dosificadora de Cal	10	\$ 7.000.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
Vibrador Tolva	10	\$ 700.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000
Bomba Sumergible Aguas Retorno	10	\$ 1.600.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000
Sensor de nivel (bajo y alto)	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Digestor	10	\$ 12.440.707	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071	\$ 1.244.071
Silo Cal	10	\$ 9.350.130	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013
<b>Total Depreciación Anual</b>			<b>\$ 15.443.006</b>	<b>\$ 15.443.006</b>	<b>\$ 15.443.006</b>	<b>\$ 15.443.006</b>	<b>\$ 15.443.006</b>	<b>\$ 15.443.006</b>	<b>\$ 15.443.006</b>	<b>\$ 15.443.006</b>	<b>\$ 15.443.006</b>	<b>\$ 15.443.006</b>

Fuente: Elaboración Propia. (2016)

## ANEXO T: Flujo de caja del inversionista de la alternativa 7

FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA											
DETALLE	AÑO0	2017 AÑO1	2018 AÑO2	2019 AÑO3	2020 AÑO4	2021 AÑO5	2022 AÑO6	2023 AÑO7	2024 AÑO8	2025 AÑO9	2026 AÑO10
Ingresos por Cobros		\$ 844.089.879	\$ 869.412.575	\$ 895.494.953	\$ 922.359.801	\$ 950.030.595	\$ 978.531.513	\$ 1.007.887.458	\$ 1.038.124.082	\$ 1.069.267.805	\$ 1.101.345.839
Costos Operacionales		-\$ 5.849.296	-\$ 6.024.775	-\$ 6.205.518	-\$ 6.391.684	-\$ 6.583.435	-\$ 6.780.938	-\$ 6.984.366	-\$ 7.193.897	-\$ 7.409.714	-\$ 7.632.005
Intereses Préstamo		-\$ 16.522.444	-\$ 16.522.444	-\$ 16.522.444	-\$ 16.522.444	-\$ 16.522.444					
Depreciación		-\$ 15.518.785	-\$ 15.518.785	-\$ 15.518.785	-\$ 15.518.785	-\$ 15.518.785	-\$ 15.518.785	-\$ 15.518.785	-\$ 15.518.785	-\$ 15.518.785	-\$ 15.518.785
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>		<b>\$ 806.199.354</b>	<b>\$ 831.346.572</b>	<b>\$ 857.248.206</b>	<b>\$ 883.926.889</b>	<b>\$ 911.405.932</b>	<b>\$ 956.231.791</b>	<b>\$ 985.384.308</b>	<b>\$ 1.015.411.401</b>	<b>\$ 1.046.339.306</b>	<b>\$ 1.078.195.049</b>
Tasa Impuesto Renta		25,0%	25,5%	27,0%	27,5%	29,0%	29,5%	31,0%	31,5%	33,0%	33,5%
Impuesto Renta		\$ 201.549.839	\$ 211.993.376	\$ 231.457.016	\$ 243.079.894	\$ 264.307.720	\$ 282.088.378	\$ 305.469.135	\$ 319.854.591	\$ 345.291.971	\$ 361.195.341
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 604.649.515</b>	<b>\$ 619.353.196</b>	<b>\$ 625.791.190</b>	<b>\$ 640.846.995</b>	<b>\$ 647.098.212</b>	<b>\$ 674.143.413</b>	<b>\$ 679.915.173</b>	<b>\$ 695.556.810</b>	<b>\$ 701.047.335</b>	<b>\$ 716.999.708</b>
Depreciación		\$ 15.518.785	\$ 15.518.785	\$ 15.518.785	\$ 15.518.785	\$ 15.518.785	\$ 15.518.785	\$ 15.518.785	\$ 15.518.785	\$ 15.518.785	\$ 15.518.785
Inversión Inicial		-\$ 143.732.170									
Inversión en Cap. De Trabajo		-\$ 1.200.000									\$ 1.200.000
Préstamo		\$ 58.000.000									
Amortización Deuda		-\$ 5.716.766	-\$ 7.877.902	-\$ 10.039.037	-\$ 12.200.173	-\$ 14.361.308					
<b>FLUJO DE CAJA</b>		<b>-\$ 86.932.170</b>	<b>\$ 614.451.534</b>	<b>\$ 626.994.079</b>	<b>\$ 631.270.938</b>	<b>\$ 644.165.607</b>	<b>\$ 648.255.690</b>	<b>\$ 689.662.198</b>	<b>\$ 695.433.958</b>	<b>\$ 711.075.595</b>	<b>\$ 733.718.493</b>

Fuente: Elaboración Propia. (2016)

## ANEXO U: Depreciación lineal componentes de la alternativa 7

	Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Puente espesador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Bomba NETZSCH Modelo NM053BY01L07V	10	\$ 4.120.120	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012	\$ 412.012
Base metálica tipo C conforme norma ASTM A-36	10	\$ 319.600	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960	\$ 31.960
KIT STP3 Contra Trabajo en Seco (PT100-Display)	10	\$ 374.000	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400	\$ 37.400
Prensa Tornillo	10	\$ 45.000.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
Medidor Caudal Electromagnético	10	\$ 2.424.000	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400	\$ 242.400
Preparador de polímero	10	\$ 14.000.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
Bomba aguas de cola	10	\$ 6.500.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000
Dilutor de polímero	10	\$ 4.000.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000
Bomba dosificadora de polímero	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Tornillo Mezclador	10	\$ 17.000.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Tornillo Transportador	10	\$ 19.000.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Tolva Dosificadora de Cal	10	\$ 7.000.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
Vibrador Tolva	10	\$ 700.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000
Bomba Sumergible Aguas Retorno	10	\$ 1.600.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 160.000
Sensor de nivel (bajo y alto)	10	\$ 400.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Bomba dosificadora hipoclorito para desinfección	10	\$ 2.200.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000	\$ 220.000
Silo Cal	10	\$ 9.350.130	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013	\$ 935.013
<b>Total Depreciación Anual</b>			<b>\$ 15.518.785</b>	<b>\$ 15.518.785</b>	<b>\$ 15.518.785</b>	<b>\$ 15.518.785</b>	<b>\$ 15.518.785</b>	<b>\$ 15.518.785</b>	<b>\$ 15.518.785</b>	<b>\$ 15.518.785</b>	<b>\$ 15.518.785</b>	<b>\$ 15.518.785</b>

Fuente: Elaboración Propia. (2016)